

RINGKASAN

MUHAMMAD KHOIRUL ANWAR. 115040213111005. Potensi Hutan Konservasi PT Agro Menara Rachmat sebagai Penyimpan Karbon. Di bawah bimbingan Cahyo Prayogo sebagai Pembimbing Utama dan Kurniatun Hairiah sebagai Pembimbing Pendamping.

Indonesia sebagai salah satu negara agraris turut menyumbang 10 % atau sekitar dua milyar ton pertahunnya dari emisi gas CO₂ dunia yang menempati urutan ketiga setelah Amerika Serikat dan China. Lebih dari 75 % emisi gas CO₂ Indonesia berasal dari kegiatan alih guna lahan hutan dan gambut menjadi bentuk penggunaan lainnya sehingga kegiatan untuk mengurangi emisi perlu dilakukan. Salah satu aksi untuk menurunkan emisi CO₂ di atmosfer ialah dengan melakukan tata kelola konservasi hutan dan lahan gambut. Hutan konservasi milik PT Agro Menara Rachmat (PT AMR) merupakan wilayah yang memiliki struktur dan keanekaragaman tumbuhan unik dan langka seperti *Shorea balarengan*, *Eusideroxylon zwageri*, dan lain-lain. Sebagian wilayah hutan ini berada pada daerah dataran rendah sehingga membuat hutan ini memiliki ciri khas tergenang sepanjang musim penghujan dan oleh karena itu wilayah ini menjadi wilayah konservasi hutan dan tidak layak digunakan sebagai lahan perkebunan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi nilai potensi karbon di ekosistem tergenang dan tidak tergenang di hutan konservasi. Hipotesis dari penelitian ini adalah rata-rata cadangan karbon pada ekosistem tergenang lebih besar daripada di ekosistem tidak tergenang.

Penelitian ini dilaksanakan di hutan konservasi PT AMR yang merupakan anak perusahaan PT Astra Agro Lestari Tbk., Kecamatan Arut Selatan, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah dengan menggunakan rancangan tersarang dua faktor. Faktor yang pertama bertaraf dua yakni; ekosistem tergenang (T) dan tidak tergenang (TT) dan faktor yang kedua bertaraf empat pada masing-masing faktor pertama, yakni; faktor subekosistem T1, T2, T3, T4, dan TT1, TT2, TT3, TT4 yang masing-masing subekosistem diulang sebanyak tiga kali sehingga total plot ada 24 plot dan pengukuran *pool* karbon dilakukan menurut metode RaCSA (*Rapid Carbon Stock Appraisal*).

Hasil penelitian menunjukkan cadangan karbon rata-rata di hutan konservasi PT AMR sebesar 228 Mg ha⁻¹. Nilai cadangan karbon terbanyak terdapat pada wilayah ekosistem tergenang sebesar 313 Mg ha⁻¹ atau 55 % (p<0,01) kemudian diikuti wilayah tidak tergenang sebesar 143 Mg ha⁻¹ atau 45 %. Kontribusi karbon di atas permukaan tanah terbesar terdapat pada *pool* pohon (39%), kemudian diikuti nekromasa (7%) dan tumbuhan bawah (1%). Sedangkan cadangan karbon di bawah tanah proporsi *pool* karbon tanah paling besar (44 %) kemudian akar (10%). Nilai cadangan karbon dikedua ekosistem yang begitu berbeda dipengaruhi beberapa faktor yakni; jenis lahan dan komposisi vegetasi.

SUMMARY

MUHAMMAD KHOIRUL ANWAR. 115040213111005. Potential of Conservation Forest PT Agro Menara Rachmat as Carbon Storage. Supervised by Cahyo Prayogo and Kurniatun Hairiah

Indonesia as one of the country based on agricultural contributed 10 %, or about two billion tons of CO₂ emissions annually, positioned in the third rank following the United States and China. More than 75 % of CO₂ emissions derive from the activities of forest land and peat land conservation into other uses. To reduce emissions various activities, adaptation and mitigation scenario needs to be establish. One of the actions to reduce emissions and the concentration of CO₂ in the atmosphere is performing regulation and protection conservation forests and peatlands. Conservation forest owned by PT Agro Menara Rachmat (PT AMR) has unique structure and diversity dominated by rare species such as *Shorea balarengan*, *Eusideroxylon zwageri*, and others. Most forest areas are located in low-land, creating inundated condition throughout the rainy season and therefore this region is only suitable for forest conservation and not for use to be plantations. The purpose of this study was to evaluate the potential value of carbon in the ecosystem of inundated and non-inundated in forest conservation. The hypothesis of this study is the average carbon stock in ecosystems of inundated greater than in the ecosystem of non-inundated.

This study was carried out in PT AMR's forest conservation, District of South Arut, Prefecture of Kotawaringin West, Province of Central Kalimantan using nested design of two factors. The first factors are; inundated ecosystems (T) and non-inundated (TT) and the second factors are T1, T2, T3, T4, and TT1, TT2, TT3, TT4 subecosystem each repeated three times and carbon pools measurement was measured according to the method Rapid Carbon Stock Appraisal (RaCSA).

The results showed an average carbon stocks in PT AMR's forest conservation amounted to 228 Mg ha⁻¹. The value of the highest carbon stocks contained in the ecosystem of the area inundated by 313 Mg ha⁻¹ or 55% (p <0.01) followed by the area non-inudated by 143 Mg ha⁻¹ or 45%. The contribution of carbon in above-ground pool trees are the largest (39%), followed nekromassa (7%) and understorey (1%). While carbon reserves in below-ground proportion of soil carbon pool greatest (44%) and roots (10%). The value of ecosystem carbon stocks that are so different in both influenced by several factors namely; types of land and vegetation composition.

KATA PENGANTAR

Puji syukur tiada tara penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala kasih dan sayang serta izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Potensi Hutan Konservasi PT Agro Menara Rachmat sebagai Penyimpan Karbon**”. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada;

1. Cahyo Prayogo, S.P., M.P., Ph.D. dan Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D. sebagai dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, kritik, saran, dan semangat yang membangun dan konstruktif bagi penulis;
2. Dr. Satyoso dan Dr. Bandung Sahari sebagai *chief* Research and Development PT Astra Agro Lestari Tbk. yang telah mengizinkan dan memfasilitasi penulis dalam melaksanakan penelitian;
3. Bargo Addianto, Wahyu Suprpto, Ali Bosar Dasopang, M. Yusuf Hermawan, Yudha Asmara Adi, Mohamad Bagus Zusni Satria, Van Basten Tambunan, Radhian Ardy Prabowo, Aurelia Seffrika Very Selaku staff/asisten yang telah memberikan arahan, bantuan dan saran selama penulis melakukan penelitian;
4. Chairul Anshari, S.P., Rika Ratna Sari, S.P., Rizki Maulana Ishaq, Vindra Dian Permata, Yunita Dian Nurwinda, Devi Nur'aini Azizah, dan Nurul Farida sebagai sahabat yang selama ini telah memberikan dukungan, semangat, moril, spirit, dan;
5. Depi Natalia, S.P., Muhammad Nazri Emir, Wibowo Dwi Saputro, Dian Rahayu Setiyorini, Muhammad Naufal, Anton Sumantoro, Jarwanto, Heri Partono, Suyanta, Sukarji, Komsyatun, Imam Ragil Subandi, Tumaji, Purwanto, Matheus Andhi Yulianto, Sugiarto Thomas, Ajid, Amelia Sanovita, Siti Masyaroh, Tri Agustini, Sarwono, Badruzzaman, Muhammad Ali Puji Irawan, Herman Wahyudi, Arif Efendi, Begyo Zaman, Danu Triyono, Herdi Budiyo, Joko Prasetyo, Miko Munawar Arofat, Muhammad Saiful Rochman, Tito Arif Subandi, Wahyu Prasetyo, Ahmad Efendi, Ali Sudadi, Andang Defianto, Elika Siti Aminatun, Jari Santoso, Jasmani, Jatmiko Setiawan, Saepuloh Bin Udung, An Zakarya Arifin, Yhesi Ayu Woro Hartanti, Amirudin, Anang Suwanto, Jetro Perty Gultom, Septianto, Adita Rian Pradana, Deprian Agus Salim, Didik Efendi, Feni Kurnia Sari, Hanif Khaerutsani, Hariono Pirkimanto, Listiawan Pramono, Muhammad Muntaha, Teguh Prasetyo Budi, Ramdan Kusna Wijaya, Riska Reolita, Etik Suyani, Anis Nugraha Setyaningum, Abdul Hadi, Alfrida Risma Tyastuti, Wahyu Resti Handayani, Hadhika Rachman, Rahma Rahayu, Muhammad Ghaniy Al Rasyid, Anwar Sugiarto atas ilmu dan bantuan yang begitu banyak selama penulis melaksanakan penelitian.

Penulis menyadari atas segala kekurangan dalam penyusunan baik isi materi maupun redaksi kalimat yang disampaikan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun penulis harapkan dari skripsi ini dan juga penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

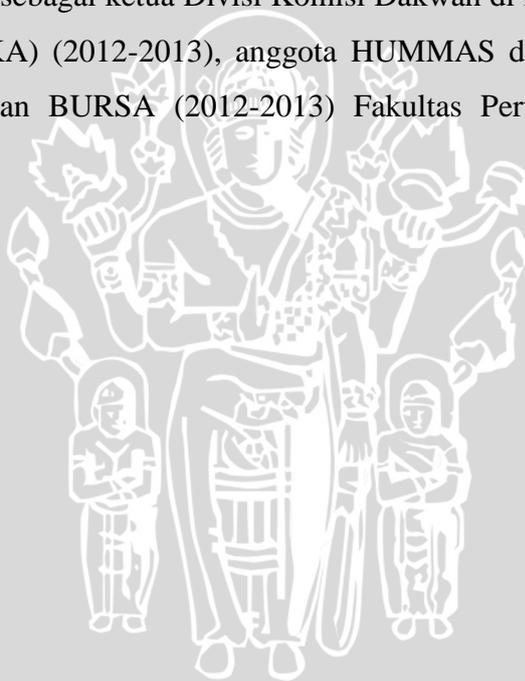
Malang, Juli 2015

Muhammad Khoirul Anwar

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 20 September 1993 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari ayah yang bernama Yandoko dan ibu Siti Luluk Ulifah. Penulis menempuh jenjang pendidikan dasar di SDN 010 Bontang (1999-2005), kemudian dilanjutkan di MTs Al-Amin Bontang (2005-2008). Pada tahun 2011 penulis lulus dari SMAN 3 Bontang dan melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian dengan program studi Agroekoteknologi ditahun yang sama melalui jalur undangan. Pada tahun 2013 penulis memilih Jurusan Tanah dengan minat Manajemen Sumber Daya Lahan.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan serta organisasi dan tercatat sebagai ketua Divisi Komisi Dakwah di Forum Studi Islam Insan Kamil (FORSIKA) (2012-2013), anggota HUMMAS di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM), dan BURSA (2012-2013) Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Hipotensis	3
1.5 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gas Rumah Kaca	5
2.2 Pemanasan Global	6
2.3 Siklus Karbon	8
2.4 Cadangan Karbon Hutan	9
2.5 Sumber Cadangan Karbon	11
2.6 Pengukuran Cadangan Karbon	15
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4 Analisa Laboratorium	26
3.5 Analisa Statistik	26
IV. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN	27
4.1 Lokasi Penelitian	27
4.2 Iklim	28
4.3 Tinggi Genangan	28
4.4 Tanah	29
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
5.1 Karakteristik Vegetasi	31
5.2 Biomasa dan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah	36
5.3 Cadangan Karbon di Bawah Tanah	42
5.4 Pembahasan	47
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	50
6.1 Kesimpulan	50
6.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Gafik temperatur global	6
2	Siklus Karbon	8
3	Skema rancangan penelitian	18
4	Penentuan plot dan strategi pengambilan contoh	18
5	Peta keterengan lahan hutan konservasi PT AMR.....	19
6	Peta citra satelit hutan konservasi PT AMR	19
7	Subekosistem T1	19
8	Subekosistem TT1	19
9	Subekosistem T2.....	19
10	Subekosistem TT2.....	19
11	Subekosistem T3	19
12	Subekosistem TT3.....	19
13	Subekosistem T4	21
14	Subekosistem TT4.....	21
15	Sketsa plot permanen pengukuran karbon	21
16	Cara menentukan ketinggian pengukuran DBH batang pohon yang tidak beraturan bentuknya.....	22
17	Plot pengambilan sampel tumbuhan bawah dan seresah	23
18	Pengukuran diameter dan panjang pohon tumbang yang masuk dalam subplot utama	24
19	Rata-rata curah hujan bulanan PT AMR tahun 2005-2009.....	28
20	Tinggi genangan aktual.....	28
21	Frekuensi tinggi relatif genangan.....	29
22	Kerapatan pohon berdasarkan kelas diameter hutan konservasi PT AMR.....	32
23	Hubungan berat jenis dengan basal area kumulatif	34
24	<i>Pandanus sp.</i>	35
25	Hubungan berat kering pohon dengan tinggi dan DBH.....	36
26	Cadangan karbon pohon.....	37
27	Jumlah pohon DBH 5-30 cm dan >30 cm.....	38
28	Cadangan karbon tumbuhan bawah	39
29	Cadangan karbon nekromasa	41
30	Cadangan karbon di dalam tanah	42
31	Total cadangan karbon hutan konservasi di ekosistem tergenang dan tidak tergenang	45
32	Proporsi <i>pool</i> cadangan karbon hutan konservasi.....	45
33	Perbandingan cadangan karbon berbagai tipe hutan.....	48

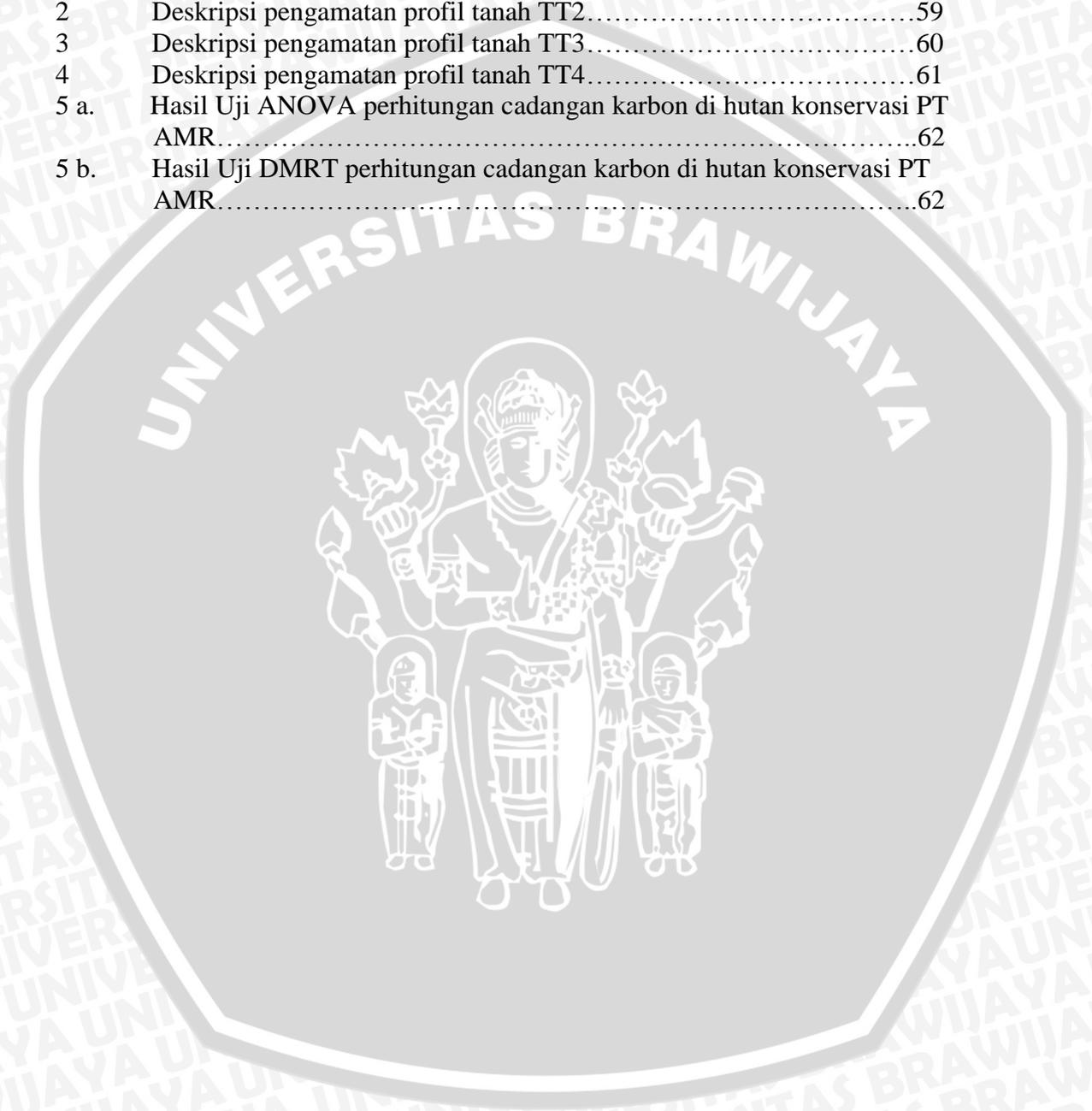
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Stok karbon pada setiap <i>pool</i> karbon di berbagai sistem hutan	9
2	Sumber Karbon	14
3	Total cadangan 5 <i>pool</i> Indonesia	15
4	Alat dan Bahan	17
5	Persamaan Alometrik	22
6	Metode dan Parameter Penelitian	26
7	Letak koordinat plot penelitian	27
8	Karakteristik tanah dari berbagai kedalaman pada plot pengamatan hutan konservasi	29
9	Dominasi jenis famili hutan konservasi PT AMR	31
10	8 jenis spesies pohon dengan INP tertinggi hutan konservasi PT AMR..	31
11	Berat jenis <i>Pandanus sp</i>	35
12	Kandungan biomasa dan cadangan karbon pohon	37
13	Kandungan biomasa dan cadangan karbon tumbuhan bawah.....	39
14	Biomasa dan cadangan karbon nekromasa.....	39
15	BI dan C organik tanah pada hutan konservasi PT AMR	43
16	Kandungan Cadangan Karbon Hutan Konservasi PT AMR.....	44
17	Rata-rata total cadangan karbon hutan konservasi PT AMR	47



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Deskripsi pengamatan profil tanah TT1.....	58
2	Deskripsi pengamatan profil tanah TT2.....	59
3	Deskripsi pengamatan profil tanah TT3.....	60
4	Deskripsi pengamatan profil tanah TT4.....	61
5 a.	Hasil Uji ANOVA perhitungan cadangan karbon di hutan konservasi PT AMR.....	62
5 b.	Hasil Uji DMRT perhitungan cadangan karbon di hutan konservasi PT AMR.....	62



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perubahan iklim merupakan isu terhangat dan menjadi pusat perhatian publik dunia oleh karena iklim global telah banyak mengalami perubahan dalam beberapa kurun waktu dan memberikan dampak pada kehidupan pada kehidupan di muka bumi meliputi berbagai bidang, seperti; ekonomi, sosial, pertanian, dan kesehatan yang berimplikasi secara global dan diduga akan terus berlanjut seiring majunya teknologi dan aktivitas manusia kedepan. Perubahan iklim ini terjadi akibat akumulasi konsentrasi gas rumah kaca (GRK) terutama gas karbon dioksida (CO₂).

Gas ini dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil dan alih guna lahan hutan serta aktivitas penduduk kota yang mencakup pertumbuhan populasi dan perubahan lahan di wilayah perkotaan (Prentice *et al.*, 2001; Tolunay, 2009; Hutyra *et al.*, 2011). Keberadaan gas CO₂ di atmosfer saat ini menyebabkan suhu bumi meningkat dan telah mencapai tingkat yang membahayakan dan dapat merusak keseimbangan ekosistem di bumi (Hairiah *et al.*, 2007; Suprihatno *et al.*, 2012). Data terbaru dari badan antariksa Amerika Serikat NASA/GISS (2015), anomali suhu global telah mengalami kenaikan 0,68°C pada tahun 2014. Kenaikan suhu ini begitu tinggi dan diduga akan mencapai puncak tertinggi pada tahun 2015 (Christine, 2015). Konsentrasi gas CO₂ di bumi terpantau sejak lama dan mulai mengalami kenaikan dari 280 ppm (*part per million*) hingga 367 ppm ditahun 1999 (Prentice *et al.*, 2001) dan dari data terbaru diketahui bahwa gas CO₂ terus meningkat hingga mencapai 379 ppm ditahun 2005, kenaikan yang cukup tinggi terjadi antara tahun 2000-2005 bila dibandingkan tahun 1990-an (IPCC, 2007).

Indonesia sebagai salah satu negara agaris turut menyumbang 10 % atau sekitar dua milyar ton pertahunnya dari emisi gas CO₂ dunia yang menempati urutan ketiga setelah Amerika Serikat dan China (Imiliyana *et al.*, 2011). Lebih dari 75 % emisi gas CO₂ Indonesia berasal dari kegiatan alih guna lahan hutan dan gambut menjadi bentuk penggunaan lainnya sehingga kegiatan untuk mengurangi emisi perlu dilakukan (Hairiah *et al.*, 2011). Salah satu aksi untuk menurunkan emisi dan konsentrasi gas CO₂ di atmosfer ialah dengan melakukan tata kelola dan

konservasi hutan dan lahan gambut yang mempunyai nilai tinggi sebagai penyimpan karbon (Fajar, 2015).

Vegetasi yang beranekaragam jenisnya di dalam hutan berperan penting dalam menyerap gas CO₂ di udara melalui proses fotosintesis yang diubah menjadi karbohidrat dan disimpan dalam biomasa baik di batang, akar, daun, ranting, bunga dan buah (Lukmanniah, 2011). Besarnya simpanan karbon pada hutan lahan kering primer mencapai 222 ton karbon/ha, 178 ton karbon/ha pada hutan lahan kering sekunder, 157 ton karbon/ha pada hutan rawa primer, 140 ton karbon/ha pada hutan rawa sekunder, 162 ton karbon/ha pada hutan bakau primer dan 116 ton karbon/ha pada hutan bakau sekunder (Krisnawati, *et al.*, 2014). Dengan demikian, konservasi hutan dalam jangka panjang sangat bermanfaat untuk mengevaluasi besarnya fluks karbon di atas tanah dan di atmosfer (Chave *et al.*, 2005) maupun yang ada di dalam tanah (Ngo *et al.*, 2013) sehingga cadangan karbon dapat terkontrol. Menurut Pandey (2012), besarnya cadangan karbon di ekosistem hutan tergantung pada keanekaragaman jenis vegetasi, kerapatan vegetasi dan kapasitas produktif hutan serta kondisi biofisik lahan.

Wilayah hutan konservasi milik PT Agro Menara Rachmat (PT AMR) merupakan wilayah yang memiliki struktur dan keanekaragaman tumbuhan unik dan langka seperti *Shorea balarengan*, *Eusideroxylon zwageri*, dan lain-lain. Sebagian wilayah hutan ini berada di dataran rendah yang membuat hutan ini memiliki ciri khas tergenang sepanjang musim penghujan sehingga wilayah ini menjadi wilayah konservasi hutan dan tidak layak digunakan sebagai lahan perkebunan. Menurut Sugirahayu dan Rusdiana (2011), cadangan karbon pada hutan tergenang seperti hutan mangrove dan hutan rawa lebih besar dari pada hutan sekunder tidak tergenang. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya simpanan karbon pada hutan tergenang ialah sifat fisik dan kimia tanah serta proses dekomposisi bahan organik yang berlangsung lama dengan kondisi anaerob yang membuat karbon tersimpan lebih lama (Hanafiah, 2012).

Pentingnya melakukan konservasi hutan berarti turut mempertahankan keanekaragaman hayati di dalamnya. Kegiatan yang dilakukan PT AMR ini memiliki banyak manfaat, diantaranya menjaga cadangan karbon, siklus hidrologi dan menjaga habitat keanekaragaman hayati (Sousson *et al.*, 1995; Chapin

et al., 2000) dan juga kunci utama sebagai upaya mitigasi akumulasi GRK di atmosfer (IPCC, 2000). FAO (2010), melaporkan bahwa sebanyak 233 negara termasuk Indonesia sebagian besar tidak memiliki data lengkap pada semua lima *pool* karbon. Informasi lebih lanjut mengenai cadangan karbon diseluruh dunia diperlukan untuk memantau cadangan karbon dan siklusnya (Ngo *et al.*, 2013).

Selain cadangan karbon pada hutan mangrove, belum banyak dilakukan penelitian cadangan karbon pada daerah tergenang hutan tropis dataran rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukan sebuah penelitian potensi karbon yang terdapat di wilayah hutan konservasi ini sehingga hasil penelitian mengenai potensi hutan konservasi PT AMR sebagai penyimpan cadangan karbon dapat dikaji serta dapat membantu mengelola hutan konservasi secara baik dan lestari.

1.2 Permasalahan

Sebagian besar hutan konservasi milik PT AMR berada dalam wilayah geografis dataran rendah dan akan dipenuhi genangan banjir selama musim penghujan tiba. Hingga saat ini data dan informasi potensi hutan konservasi sebagai penyimpan karbon belum tersedia. Oleh karena itu, permasalahan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

Berapakah potensi cadangan karbon di ekosistem tergenang dan tidak tergenang di hutan konservasi ?

1.3 Tujuan

Mengevaluasi nilai potensi cadangan karbon di ekosistem tergenang dan tidak tergenang di hutan konservasi.

1.4 Hipotesis

Rata-rata cadangan karbon pada ekosistem tergenang lebih besar daripada di ekosistem tidak tergenang

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah untuk memberikan informasi bagi perusahaan terkait dengan besarnya cadangan karbon tersedia pada lahan hutan yang nantinya dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan dan pengembangan hutan konservasi pada kondisi tergenang.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (GRK) merupakan istilah kumpulan beberapa gas yang berada di atmosfer yang memiliki efek rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), clorofluorocarbon (CFC), metana (CH_4), nitrogen oksida (NO), ozon (O_3), dan uap air (H_2O) (Porteous, 1992). Sedangkan menurut Kementerian Lingkungan Hidup RI (2012), gas rumah kaca merupakan gas yang berada di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi infra merah dan turut menentukan suhu atmosfer.

Meiviana *et al.*, (2004), mendefinisikan GRK sebagai gas-gas di atmosfer yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia. Gas-gas ini menghalangi pantulan radiasi matahari ke luar angkasa, akibatnya pantulan radiasi ini terhambat sehingga menyebabkan terjadinya akumulasi panas di atmosfer. Peristiwa alam ini dikenal dengan efek rumah kaca, karena peristiwanya serupa dengan proses yang terjadi di rumah kaca.

Penyebab meningkatnya GRK dikarenakan meningkatnya populasi manusia sehingga memicu berbagai aktivitas manusia terutama di sektor industri hingga muncul permasalahan pemanasan global. GRK terutama dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil (minyak, gas, dan batu bara) seperti penggunaan kendaraan bermotor dan penggunaan alat-alat elektronik dan juga aktivitas deforestasi (Prentice *et al.*, 2001; Tolunay, 2009; Hutyra *et al.*, 2011).

Serangkaian penyebab yang berasal dari meningkatnya konsentrasi GRK menimbulkan kondisi yang disebut dengan Efek Rumah Kaca (ERK). ERK adalah efek dimana radiasi inframerah dari matahari yang memancar ke bumi kemudian dipantulkan oleh permukaan bumi, tidak diteruskan oleh atmosfer ke luar angkasa akan tetapi dipantulkan kembali ke bumi (LAPAN, 2015).

Saat ini konsentrasi GRK sudah mencapai tingkat yang membahayakan iklim bumi dan keseimbangan ekosistem. Menurut Fajar (2015), pertumbuhan emisi GRK antara tahun 2000 dan 2010 lebih besar dari pertumbuhan emisi tiga dekade sebelumnya yakni meningkat 2,2 % per tahun dari 40 giga ton menjadi 49 giga ton setara karbon. Sedangkan pertumbuhan emisi kurun 1970 sampai 2000 hanya 1,3 % per tahun dari 27 giga ton menjadi 40 gigaton setara karbon.

Indonesia sendiri telah menetapkan target penurunan emisi GRK sebesar 26 % secara mandiri dan 41 % dengan bantuan internasional. Salah satu upaya dalam merealisasikan target tersebut ialah melakukan kegiatan Restorasi Ekosistem (RE) di hutan alam produksi. RE merupakan upaya-upaya pengembalian unsur hayati seperti flora dan fauna suatu kawasan berikutan unsur non-hayatnya (tanah, iklim, topografi) pada jenis atau kondisi asli, termasuk keseimbangan hayati dan ekosistemnya. Selama proses restorasi, hutan produksi dipulihkan kondisinya dengan tidak ditebang. Sehingga, kondisi ini dapat membantu meningkatkan serapan karbon dari atmosfer, mengingat peran hutan begitu penting tidak hanya sebagai penyimpan karbon, tetapi secara alami juga sebagai penyerap karbon yang paling efisien di bumi. (Manuri *et al.*, 2011; Rahmad, 2015).

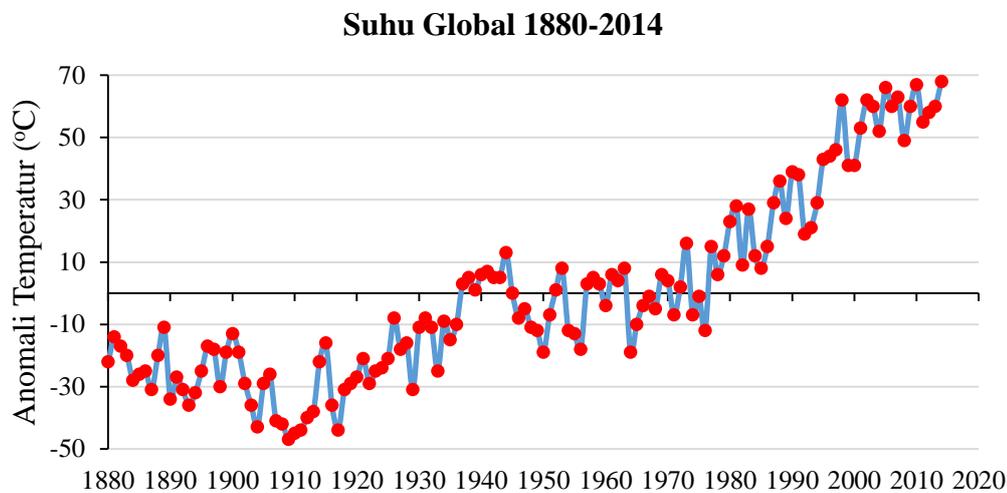
2.2 Pemanasan Global

Istilah pemanasan global (*global warming*) secara sederhana dapat diartikan peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi. Pemanasan global pada intinya merupakan fenomena alam dengan meningkatnya suhu bumi dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca yang diakibatkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitro oksida (N₂O), dan chlorofluorocarbon (CFC) yang menghalangi pancaran sinar matahari untuk memantul ke luar bumi sehingga terperangkap dalam atmosfer (Smart Click, 2011).

Menurut Muhi (2011), pemanasan global adalah meningkatnya temperatur planet bumi secara global, meliputi peningkatan temperatur atmosfer, temperatur laut, dan temperatur bumi yang menimbulkan dampak secara langsung maupun tidak langsung terhadap masa depan bumi termasuk manusia dan makhluk hidup lain. Dampak yang ditimbulkan cenderung mengancam eksistensi bumi dan kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain di dalamnya.

Kecenderungan meningkatnya suhu global hampir stabil di tahun 1960 hingga 1980-an namun terus meningkat karena akumulasi GRK di atmosfer yang begitu banyak (Solomon *et al.*, 2010). Data terbaru dari NASA/GISS (2015), menyebutkan hingga tahun 2014 suhu global terus mengalami kenaikan sebesar 0,68°C (Gambar 1). Anomali suhu ini jauh melampaui dari rata-rata suhu bumi abad ke-20 dan beberapa peneliti menyatakan tahun 2014 adalah tahun terpanas dalam

beberapa milenium terakhir (Hance, 2015). Pada grafik dibawah ini juga menggambarkan tahun terdingin 1911 dan terpanas 2014.



Gambar 1. Grafik temperatur global (NASA/GISS, 2015)

Beberapa fakta terkait pemanasan global ini telah memberikan dampak biogeofisik bumi, diantaranya ialah; a) mencairnya es di kutub utara dan selatan, b) meningkatnya level permukaan laut, c) perubahan iklim secara ekstrim, d) gelombang panas semakin panas, e) habisnya gletser sebagai sumber air bersih dunia, f) perluasan gurun pasir, g) punahnya flora dan fauna tertentu, h) migrasi fauna dan hama penyakit, (Agus dan Rudy, 2008; Muhi, 2011).

Sedangkan dampak sosial-ekonomi yang dialami masyarakat berupa; a) gangguan terhadap fungsi kawasan pesisir dan kota pantai, b) gangguan terhadap fungsi prasarana dan sarana seperti jaringan jalan, pelabuhan dan bandara, c) gangguan terhadap pemukiman penduduk, d) penurunan produktivitas lahan pertanian, dan e) meningkatnya wabah penyakit (Muhi, 2011).

Beberapa solusi bermunculan dan dapat dijadikan upaya adaptasi dan mitigasi dalam menghadapi dampak pemanasan global. Bellona (2008), memberikan skenario langkah pencegahan pemanasan global yang dapat dilakukan, diantaranya ialah:

1. Perubahan pola hidup dengan mengurangi permintaan energi primer.
2. Efisiensi dengan cara tidak memakai energi berlebihan dan menggunakan energi seperlunya di bidang industri, transportasi, perumahan, jasa dan pertanian serta nuklir.

3. *Renewables* dengan menggunakan semua strategi energi terbarukan.
4. *Carbon Negative Energy* yakni pengurangan emisi akibat CCS (*Carbon Capture and Storage*) daya tanaman berbahan bakar biomasa.
5. CSS, pengurangan emisi akibat CCS pada tanaman bahan bakar fosil listrik, sumber titik untuk transformasi bahan bakar, dan industri berbasis bahan bakar fosil.
6. Pengurangan GK, pengurangan emisi CH₄ N₂O, SF₆, HFC, PFC dan karena strategi pengurangan emisi dalam industri, pertanian dan penanganan limbah.
7. Perubahan penggunaan lahan, pengurangan emisi akibat deforestasi dan pengelolaan hutan.

Skenario ini diprediksi dapat mengurangi emisi total sejumlah giga ton emisi karbon dari fraksi solusi yang ditawarkan.

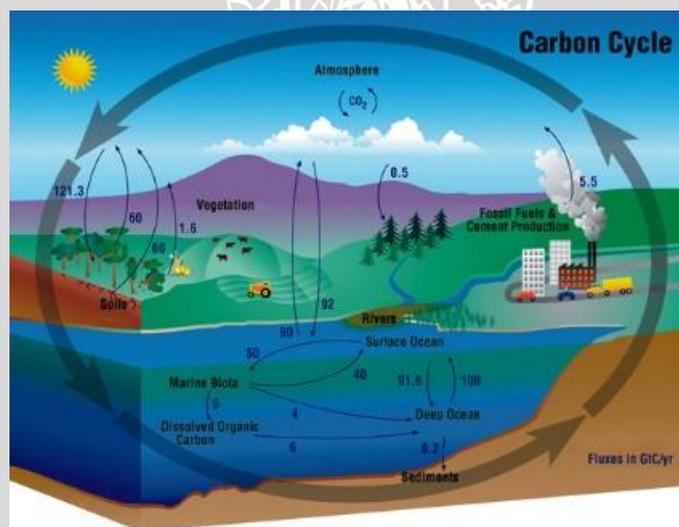
2.3 Siklus Karbon

Keberadaan gas CO₂ di bumi terpantau sejak 1800-an yang mulai mengalami kenaikan dari 280 ppm (*part per million*) hingga 367 ppm ditahun 1999 (Prentice *et al.*, 2001) dan data terbaru menyebutkan telah mencapai 379 ppm ditahun 2005 yang mengalami kenaikan cukup tinggi antara tahun 2000-2005 bila dibandingkan tahun 1990-an (IPCC, 2007). Banyak dari akumulasi CO₂ di atmosfer akibat dari aktivitas emisi CO₂ antropogenik terutama dari hasil pembakaran fosil. Satu-satunya jalan untuk menyerap CO₂ secara alami hanya melalui penyerapan yang dilakukan oleh vegetasi melalui proses fotosintesis dan respirasi dan aktivitas biota laut. Namun, keadaanya tidak berimbang karena emisi jauh lebih cepat dari pada penyerapan CO₂ (Afdal, 2007).

Fakta umum menyebutkan proses siklus karbon di daratan akibat dari timbal balik antara fotosintesis dan respirasi seluler bertanggung jawab atas kadar utama karbon di bumi. Fluktuasi konsentrasi CO₂ dan O₂ atmosfer secara musiman disebabkan oleh penurunan aktivitas fotosintesis. Dalam ruang lingkup global kembalinya CO₂ ke atmosfer melalui respirasi vegetasi dapat diseimbangkan dengan pelepasan O₂ melalui fotosintesis. Akan tetapi, pembakaran kayu dan bahan bakar fosil menambahkan lebih banyak lagi CO₂ ke atmosfer, akibatnya

jumlah CO₂ di atmosfer meningkat. Gas CO₂ dan O₂ atmosfer juga berpindah-pindah dalam sistem akuatik dimana CO₂ dan O₂ terlibat dalam suatu keseimbangan dinamis dengan bentuk bahan anorganik lainnya (IPCC, 2001).

Lain halnya dengan siklus karbon di laut. Penyerapan CO₂ di laut sangat bergantung pada tinggi rendahnya suhu. Permukaan air yang dingin cenderung lebih mudah menyerap CO₂, sedangkan permukaan laut yang hangat lebih mudah melepaskan gas CO₂ ke atmosfer. Daerah hangat (perairan tropis) dan dingin (perairan kutub) ini dihubungkan oleh sirkulasi atau aliran arus laut yang oleh para ilmuwan disebut sebagai Sabuk Laut. Fungsi sabuk laut ini adalah mendorong air laut yang sudah dipanaskan oleh matahari di wilayah tropis ke daerah yang lebih dingin di daerah kutub. Proses sebaliknya juga terjadi, yaitu air dingin di Artik dan Antartika dibawa ke daerah tropis untuk dipanaskan (Afdal, 2007).



Gambar 2. Siklus Karbon (Anonim, 2015)

2.4 Cadangan Karbon Hutan

Hutan adalah satu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya yang satu dengan yang lain tidak dapat dipisahkan (UU RI No. 41, 1999). Hutan Indonesia begitu kaya akan cadangan karbon. Data FAO menyebutkan bahwa jumlah karbon hutan Indonesia sekitar 14 milyar ton biomasa, atau sekitar 20 % dari seluruh hutan tropis yang ada di afrika dan jauh dari nilai karbon hutan Asia lainnya (FWI, 2003).

Biomasa merupakan jumlah bahan organik yang diproduksi oleh organisme per satuan unit area pada suatu saat tertentu (Onrizal, 2005). Sekitar 90 % biomasa di hutan berbentuk pokok kayu, dahan, akar, dan seresah, jasad renik dan hewan. Biomasa yang dihasilkan hutan tanaman relatif cukup tinggi dengan nilai berkisar antara 25 – 30 m³/ha/tahun (Syafii, 2003).

Tumbuhan pohon berumur panjang yang tumbuh di hutan maupun di kebun campuran (Agroforestri) merupakan tempat penimbunan atau penyimpanan C (karbon) (rosot C = C *sink*) yang jauh lebih besar daripada tanaman semusim. Hutan alami dengan keragaman jenis pepohonan berumur panjang dan seresah yang banyak merupakan gudang penyimpanan C tertinggi (baik di atas maupun di dalam tanah) (Hairiah dan Rahayu, 2007; Junaedi, 2008).

Tabel 1. Stok karbon pada setiap *pool* karbon di berbagai sistem hutan (Mg ha⁻¹)

Pool karbon	Tipe Hutan					
	Hutan Lahan Kering		Hutan Rawa		Hutan Bakau	
	Primer	Sekunder	Primer	Sekunder	Primer	Sekunder
DBH ≥ 10 cm	138	100	75	62	104	62
DBH 5-10 cm	10	6	33	30		
Tumbuhan Bawah	1	3	3	4	0	0
Akar	43	32	24	21	8	7
Seresah	5	4	2	2	0	0
Kayu mati	25	33	20	22	50	46
Total stok karbon	222	178	157	140	162	116

Sumber : Krisnawati *et al.*, 2014

Untuk mengetahui seberapa besar cadangan karbon pada berbagai kelas tutupan lahan di hutan alam, Krisnawati *et al.*, 2014 melakukan penelitian di hutan tropis Kalimantan Tengah. Pendekatan dilakukan dengan mengambil analisis terhadap tingkat pendugaan pertumbuhan pohon untuk menghitung biomasa hutan. Para peneliti membedakan antara hutan primer (hutan utuh yang belum terganggu) dengan hutan sekunder (hutan yang telah terganggu), serta membedakannya menjadi tipe hutan yang berada di lahan kering, hutan rawa dan hutan bakau. Hasil dari penelitian tersebut seperti yang tercantum pada Tabel 1 secara umum pada hutan lahan kering primer mampu menyimpan karbon dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan hutan lahan kering sekunder karena pada hutan sekunder telah terjadi gangguan terhadap tegaknya. Kebakaran, ekstraksi kayu, pemanfaatan lahan untuk bercocok tanam dan kejadian atau aktivitas lainnya di kawasan hutan yang menyebabkan berkurangnya potensi biomasa yang berindikasi langsung terhadap kemampuannya menyimpan karbon. Hal tersebut juga terjadi

pada hutan rawa primer dan hutan rawa sekunder. Kemudian pada hutan lahan kering relatif memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah lebih besar dibandingkan hutan rawa dan mangrove karena kemampuannya dalam membangun tegakan yang tinggi dan berdiameter besar sebagai tempat menyimpan karbon (TPIBLK, 2010).

2.5 Sumber Cadangan Karbon

Cadangan karbon umumnya terdapat pada biomasa vegetatif yang ada diatas tanah seperti pohon, tumbuhan bawah, nekromasa berkayu maupun non kayu, juga yang ada di dalam tanah seperti biomasa akar dan bahan organik tanah. Hairiah *et al.*, (2011), membedakan komponen cadangan karbon yakni berdasarkan ekosistem darat dan berdasarkan keberadaannya di alam.

Cadangan karbon yang ada pada ekosistem darat dalam tiga komponen pokok, yakni:

1. Bagian hidup (biomasa) yang merupakan massa dari bagian vegetasi hidup yaitu batang, ranting dan tajuk pohon, tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim.
2. Bagian mati (nekromasa) yang merupakan massa bagian dari pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon), kayu tumbang di permukaan tanah, tonggak atau ranting dan daun gugur (seresah) yang belum terlapuk.
3. Tanah (bahan organik tanah) yakni sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan manusia) yang telah mengalami pelapukan baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah berukuran <2 mm.

Berdasarkan keberadaannya di alam, komponen cadangan karbon dibagi kedalam 2 kelompok, yakni:

1. Karbon di atas permukaan tanah
 - a. Biomasa pohon.

Proporsi terbesar cadangan karbon di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan. Untuk mengurangi tindakan perusakan selama pengukuran, biomasa pohon dapat diestimasi dengan menggunakan

persamaan alometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang (dan tinggi pohon, jika ada).

b. Biomasa tumbuhan bawah.

Tumbuhan bawah meliputi semak belukar yang berdiameter batang <5 cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomasa tumbuhan bawah dilakukan dengan mengambil bagian tanaman (melibatkan perusakan).

c. Nekromasa.

Batang pohon mati baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah, yang merupakan komponen penting dari karbon dan harus diukur pula agar diperoleh estimasi cadangan karbon yang akurat.

d. Seresah.

Seresah meliputi bagian tanaman yang telah gugur berupa daun dan ranting-ranting yang terletak di permukaan tanah.

2. Karbon di dalam tanah

a. Biomasa akar.

Akar mentransfer karbon dalam jumlah besar langsung ke dalam tanah, dan keberadaannya dalam tanah bisa cukup lama. Pada tanah hutan biomasa akar lebih didominasi oleh akar-akar besar (diameter >2 mm), sedangkan pada tanah pertanian lebih didominasi oleh akar-akar halus yang lebih pendek daur hidupnya. Biomasa akar dapat pula diestimasi berdasarkan diameter akar (akar utama), sama dengan cara untuk mengestimasi biomasa pohon yang didasarkan pada diameter batang.

b. Bahan organik tanah.

Sisa tanaman, hewan dan manusia yang ada di permukaan dan di dalam tanah, sebagian atau seluruhnya dirombak oleh organisme tanah sehingga melapuk dan menyatu dengan tanah, dinamakan bahan organik tanah.

Sutaryo (2009), setidaknya mengemukakan terdapat sumber karbon yang perhitungkan dalam kegiatan inventarisasi karbon, yakni:

1. Biomasa atas permukaan.

Semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.

2. Biomasa bawah permukaan.

Semua biomasa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan seresah.

3. Bahan organik mati.

Meliputi kayu mati dan seresah. Seresah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam seresah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.

4. Karbon organik tanah.

Mencakup carbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

Sedangkan IPCC (2006), mengelompokkan sumber karbon menjadi 3 kategori utama, yaitu biomasa hidup, bahan organik mati dan karbon tanah. Biomasa hidup dibagi menjadi 2 bagian yaitu Biomasa Atas Permukaan (BAP) dan Biomasa Bawah Permukaan (BBP). Sedangkan bahan organik mati dikelompokkan menjadi 2, yaitu kayu mati dan seresah. Sehingga, secara keseluruhan IPCC menetapkan 5 sumber karbon hutan yang perlu dihitung dalam upaya penurunan emisi akibat perubahan tutupan lahan (Tabel 2).

Ravrindanath *et al.*, (2008), membagi sumber karbon menjadi 5 bagian utama yakni, biomasa atas, biomasa bawah, seresah, kayu mati, dan tanah (BOT). Sumber karbon sangat penting bagi beberapa tipe proyek pengukuran karbon utamanya biomasa atas.

Di hutan yang terdegradasi, baik akibat penebangan dan kebakaran, masih cukup banyak dijumpai pohon mati atau batang pohon yang rebah. Sekitar 80 % dari total bahan organik mati yang ada di hutan bekas terbakar merupakan pohon

mati atau batang rebah. Karena itu, bahan organik mati, khususnya batang dan pohon merupakan sumber karbon penting yang perlu diperhitungkan di hutan terdegradasi yang rawan kebakaran.

Tabel 2 Sumber Karbon (IPCC, 2006)

	Sumber	Penjelasan
Biomasa	Atas Permukaan	Semua biomasa dari vegetasi hidup di atas tanah, termasuk batang, tunggul, cabang, kulit, daun serta buah. Baik dalam bentuk pohon, semak maupun tumbuhan herbal.
	Bawah Tanah	Keterangan: tumbuhan bawah di lantai hutan yang relatif sedikit, dapat dikeluarkan dari metode penghitungan Semua biomasa dari akar yang masih hidup. Akar yang halus dengan diameter kurang dari 2 mm seringkali dikeluarkan dari penghitungan karena sulit dibedakan dengan bahan organik mati tanah dan seresah.
Bahan Organik Mati atau Nekromasa	Kayu Mati	Semua biomasa kayu mati, baik yang masih tegak maupun rebah di dalam tanah. Diameter lebih besar dari 10 cm
	Seresah	Semua biomasa mati dengan ukuran lebih dari 2 mm dan diameter kurang dari sama dengan 10 cm, rebah dalam berbagai tingkat dekomposisi.
Tanah	Bahan Organik Tanah	Semua bahan organik tanah dalam kedalaman tertentu (30 cm untuk tanah mineral). Termasuk akar dan seresah halus dengan diameter kurang dari 2 mm karena sulit dibedakan.

Informasi mengenai sumber cadangan karbon pada berbagai *pool* sangat diperlukan untuk mengetahui seberapa besar total cadangan karbon yang merupakan akumulasi *pool* karbon yang ada. Di Indonesia, tercatat terdapat 3 jenis hutan yang memiliki cadangan karbon berdasarkan nilai karbon biomasa dan karbon tanah (Tabel 3). Informasi ini dinilai kurang karena tidak sebanding dengan luas hutan Indonesia yang mencapai 128.220.010,10 ha yang artinya masih diperlukan pengukuran lebih lanjut mengenai 5 *pool* cadangan karbon di seluruh hutan Indonesia (Menhut, 2012).

Tabel 3 Total cadangan 5 *pool* Indonesia

Jenis Hutan	Stok Karbon/ha (ton)		
	Biomasa	Tanah	Total
Taman Nasional Lorentz (Papua)	100	86	186
Hutan Hujan Sumatera	152	86	238
Taman Nasional Ujung Kulon (Banten)	115	86	201

Sumber : Pandey (2012)

2.6 Pengukuran Cadangan Karbon

Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), cadangan karbon yang di daratan (terrestrial) terbagi menjadi karbon di atas permukaan (*above ground carbon*) dan karbon di bawah permukaan atau dalam tanah (*below ground carbon*). Karbon di atas permukaan tanah meliputi biomasa pohon, biomasa tumbuhan bawah (semak berdiameter <5 cm, tumbuhan menjalar dan gulma), nekromasa (bagian pohon atau tanaman yang sudah mati) dan seresah (bagian tanaman yang gugur berupa daun dan ranting). Karbon bawah permukaan, meliputi biomasa akar dan bahan organik tanah (sisa tanaman, hewan dan manusia yang mengalami dekomposisi).

Ada 4 tahap yang digunakan untuk mengukur cadangan karbon menurut Hairiah *et al.*, (2011) yakni:

1. Mengenal nama jenis pohon untuk mencari nilai berat jenis (BJ) pohon pada daftar BJ kayu pohon yang telah ada.
2. Mengukur volume dan biomasa semua tanaman dan kayu mati yang ada pada suatu luasan lahan.
3. Mengukur kadar total karbon tanaman di laboratorium.
4. Menaksir kandungan karbon pada lahan yang bersangkutan berdasarkan tahap nomor 1-3.

Biomasa digunakan untuk memperkirakan karbon, karena sekitar 46 % dari biomasa tanaman adalah karbon (Hairiah *et al.*, 2001). Empat cara utama untuk menghitung biomasa yaitu (i) sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) secara in situ; (ii) sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*) dengan data pendataan hutan secara in situ; (iii) Pendugaan melalui penginderaan jauh; dan (iv) pembuatan model. Untuk masing masing metode di atas, persamaan alometrik digunakan untuk mengekstrapolasi cuplikan data ke area yang lebih luas. Penggunaan persamaan alometrik standar yang telah dipublikasikan sering

dilakukan, tetapi karena koefisien persamaan alometrik ini bervariasi untuk setiap lokasi dan spesies, penggunaan persamaan standar ini dapat mengakibatkan galat (*error*) yang paling penting kesamaan spesies dengan rentang margin galatnya paling besar 10 % sehingga baik digunakan allometrik (*Australian Geenhouse Office*, 1999; Heiskanen, 2006).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian`

Penelitian ini dilaksanakan di hutan konservasi perusahaan PT AMR (Agro Menara Rachmat) yang merupakan anak perusahaan PT Astra Agro Lestari Tbk., Arut Selatan, Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. Lokasi plot pengamatan dan pengambilan sampel dilaksanakan di hutan konservasi di luar blok kebun kelapa sawit. Analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah Research & Development PT Astra Agro Lestari Tbk. Pelaksanaan penelitian hingga penyusunan pelaporan dilaksanakan antara bulan September 2014 - Maret 2015.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan seperti pada tabel berikut.

Tabel 4 Alat dan Bahan

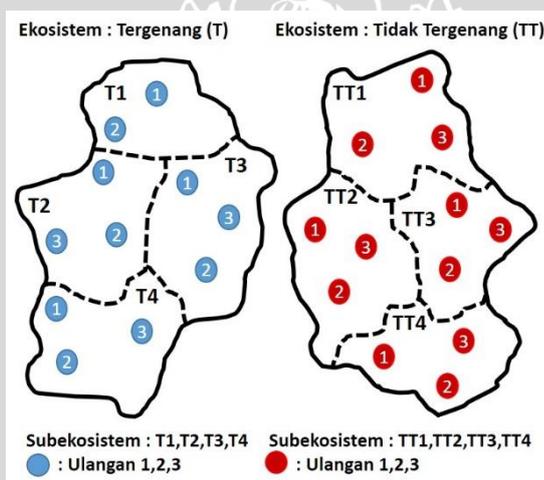
No	Alat dan Bahan	Pengukuran
1	Binokuler, klinometer, meteran, GPS, kompas, alat tulis, kamera, dan peralatan survei tanah	Identifikasi Lahan, Profil Tanah, Tinggi Genangan
2	Meteran 100 m dan 5 m, jangka sorong, tali rafia 100 m, 40 m, 20 m dan 5 m, tongkat 1,3 m, parang atau gunting tanaman, spidol permanen, blangko pengamatan, sampel pengamatan	Biomasa Pohon
3	Kuadran 0,5 m x 0,5 m, pisau atau gunting rumput, timbangan 10 kg, timbangan analitik, spidol permanen, kantong plastik, ayakan 2 mm, nampan, ember, palu, kapi, cangkul, lempak, block besi 20 cm x 20 cm x 10 cm, pisau tanah, balok kayu, karet gelang, sampel pengamatan	Biomasa Tumbuhan Bawah, Nekromasa dan Tanah
4	Parang atau gunting rumput, meteran timbangan analitik, amplop kertas, oven, sampel pangamatan	Berat Jenis Kayu

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan tersarang dua faktor. Faktor yang pertama bertaraf dua yakni; ekosistem tergenang (T) dan tidak tergenang (TT) dan faktor yang kedua bertaraf empat pada masing-masing faktor pertama, yakni; faktor subekosistem T1, T2, T3, T4, dan TT1, TT2, TT3, TT4 yang masing-masing subekosistem diulang sebanyak tiga kali. Sehingga total plot berjumlah 24 plot. Secara skematis rancangan percobaan dapat dilihat pada Gambar 3 dan secara teknis penentuan plot dan strategi pengambilan contoh dilapangan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 Skema rancangan penelitian



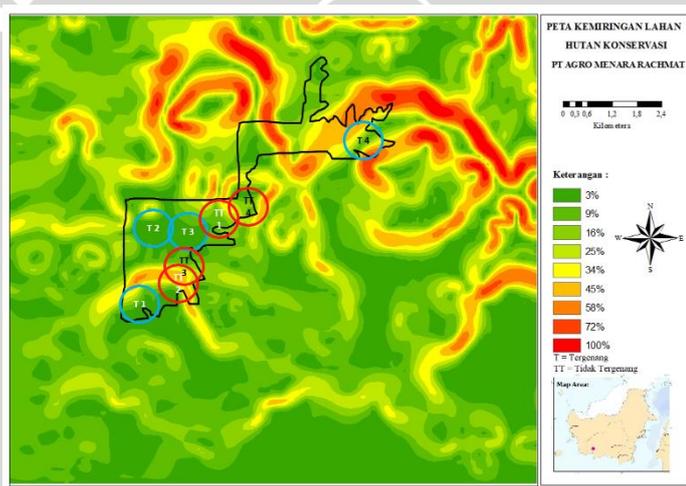
Gambar 4 Penentuan plot dan strategi pengambilan contoh

Kegiatan penelitian lapang dibagi kedalam tiga tahap yaitu; (1) persiapan dan survei lokasi penelitian, (2) pembuatan plot permanen, dan (3) pengambilan sampel dan pengukuran cadangan karbon.

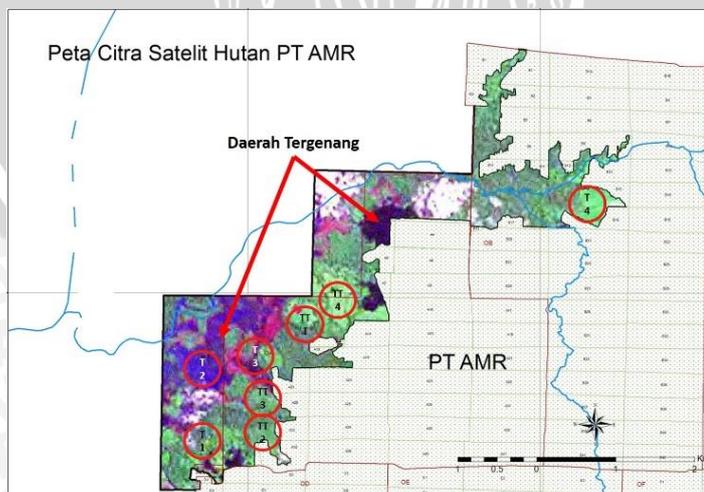
3.3.1 Persiapan Survei Lokasi Penelitian

Tahap persiapan ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data sekunder seperti peta kemiringan lahan hutan konservasi, peta kenampakan citra satelit hutan konservasi, dan data iklim. Tahap ini juga meliputi menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.

Tahap survei lokasi penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual pada lahan hutan konservasi serta untuk menentukan plot penelitian. Survei langsung dan verifikasi bentukan lahan di lapangan dibandingkan dengan hasil klasifikasi peta yang ada, yakni peta kemiringan lahan dan citra satelit sehingga hasilnya digunakan untuk mengklasikasikan tipe ekosistem hutan konservasi. Berdasarkan peta kemiringan diketahui wilayah terendah pada hutan konservasi dengan legenda berwarna hijau sedangkan legenda berwarna merah menandakan kelerengn yang meningkat (Gambar 5). Hal ini didukung pula dengan kenampakan hutan konservasi yang ada pada peta citra satelit. Pada wilayah terendah terjadi penggenangan yang ditunjukkan dengan legenda warna biru tua (Gambar 6). Sehingga dapat ditetapkan bahwa pada hutan konservasi ini terdapat 2 ekosistem utama, yaitu ekosistem tergenang dan tidak tergenang.



Gambar 5 Peta kemiringan lahan hutan konservasi PT AMR (Prayogo, 2014)



Gambar 6 Peta citra satelit hutan konservasi PT AMR (Prayogo, 2014)



Dominasi Vegetasi : *Shorea blarengan*
 Koordinat : 2°21'11.4" LS dan 111°43'44.1" BT
 Elevasi : 9,3 mdpl

Gambar 7 Subekosistem T1



Dominasi Vegetasi : *Schima wallichii* 1 (kerapatan tinggi)
 Koordinat : 2°20'11.0" LS dan 111°44'48.1" BT
 Elevasi : 17 mdpl

Gambar 8 Subekosistem TT1



Dominasi Vegetasi : *Callicarpa havilandii*
 Koordinat : 2°20'45.5" LS dan 111°43'36.1" BT
 Elevasi : 3,7 mdpl

Gambar 9 Subekosistem T2



Dominasi Vegetasi : *Hevea brasiliensis*
 Koordinat : 2°21'12.3" LS dan 111°43'51.3" BT
 Elevasi : 40 mdpl

Gambar 10 Subekosistem TT2



Dominasi Vegetasi : *Beccaurea edulis*
 Koordinat : 2°20'17.5" LS dan 111°44'20.4" BT
 Elevasi : 9 mdpl

Gambar 11 Subekosistem T3



Dominasi Vegetasi : *Schima wallichii* 2 (kerapatan rendah)
 Koordinat : 2°21'01.7" LS dan 111°40'01.4" BT
 Elevasi : 25,3 mdpl

Gambar 12 Subekosistem TT3



Dominasi Vegetasi : *Polyalthia xanthopetala*
 Koordinat : 2°19'22.6" LS dan 111°46'11.6" BT
 Elevasi : 8 mdpl



Dominasi Vegetasi : *Macaranga gigantea*
 Koordinat : 2°19'59.8" LS dan 111°44'50.8" BT
 Elevasi : 34 mdpl

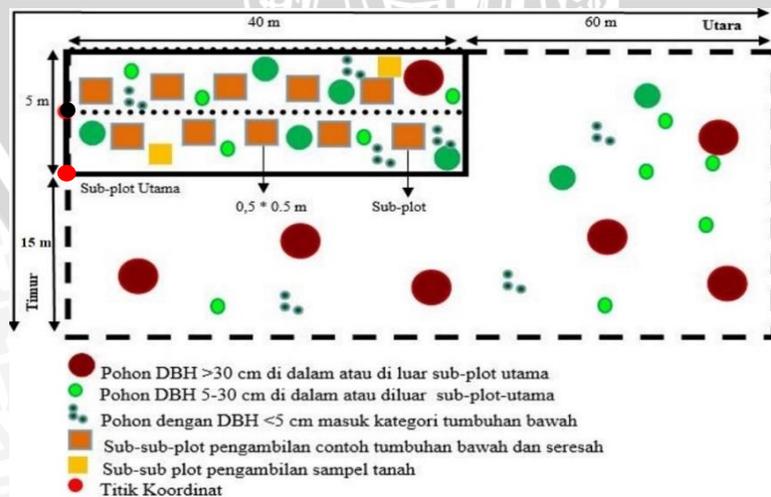
Gambar 13 Subekosistem T4

Gambar 14 Subekosistem TT4

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan bersama-sama peneliti dari PT AMR (Prayogo, *personal communication*) ditentukan 8 subekosistem berdasarkan dominasi vegetasinya seperti pada gambar di atas. Panah warna merah menandakan dominasi vegetasi plot penelitian.

3.3.2 Pembuatan Plot Permanen

Pengamatan dilakukan pada Plot Contoh Pengamatan (PCP) berukuran 40 m x 5 m. Plot ini digunakan untuk mengukur biomasa pohon, tumbuhan bawah, nekromasa, dan contoh tanah. Jika dalam plot tersebut terdapat pohon dengan diameter lebih dari 30 cm maka plot akan diperluas 60 m ke arah utara dan 15 m ke arah timur sehingga plot berukuran 100 m x 20 m (Gambar 15). Plot ditempatkan pada masing-masing ekosistem hutan konservasi yang ditemukan. Terdapat 8 Subekosistem dengan tiga kali ulangan di setiap Subekosistemnya.



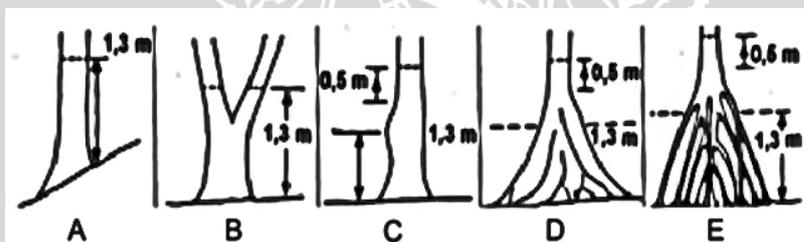
Gambar 15 Sketsa plot permanen pengukuran karbon

3.3.3 Pengambilan Sampel dan Pengukuran Cadangan Karbon

Pengukuran dilakukan menurut metode RaCSA (*Rapid Carbon Stock Appraisal*) (Hairiah *et al.*, 2011), dimana cadangan karbon setiap *pool* merupakan hasil perkalian berat masa setiap *pool* dengan kadar karbon dalam tanaman (*default value* 46 %). Khusus untuk *pool* tanah, kadar karbon dilakukan analisis di laboratorium.

3.3.3.1 Biomasa Pohon

Pengukuran biomasa pohon dilakukan secara *non destructive* (Hairiah *et al.*, 2011) dengan jalan mengukur diameter batang (DBH= *diameter at breast height* = diameter setinggi 1,3 m dari permukaan tanah). Untuk mengestimasi biomasa pohon, data diameter pohon diintegrasikan ke dalam persamaan alometrik seperti tercantum dalam Tabel 5. Pengukuran DBH dilakukan hanya pada pohon berdiameter 5 cm hingga 30 cm. Pohon dengan DBH <5 cm dikategorikan sebagai tumbuhan bawah. Cara penentuan titik DBH batang pohon bergelombang atau bercabang rendah dilakukan seperti Gambar berikut.



Gambar 16 Cara menentukan ketinggian pengukuran DBH batang pohon yang tidak beraturan bentuknya (Weyerhaeuser dan Tenningkeit, 2000)

Tabel 5 Persamaan Alometrik

No	Jenis Vegetasi	Persamaan Alometrik
1	Humid/Lembab (1500-4000) mm/tahun	$(AGB)_{est} = \pi * \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)$
2	Liana	$(AGB)_{est} = \pi * \exp(-1.484 + 2.657(\ln(D)))$
3	<i>Pandanus sp</i>	$Biomasa = \pi * 0.002D^{4.023}$

Keterangan: $(AGB)_{est}$ = biomasa pohon di atas tanah, kg/pohon; D = DBH, diameter batang setinggi dada, cm; π = BJ kayu, g cm⁻³

Sumber : 1) Chave *et al.*, (2005), 2) Schnitzer *et al.*, (2006) dalam Sutaryo, (2009), 3) Anwar (2015)

Penetapan Berat Jenis Kayu

Penetapan berat jenis pohon bila pohon yang ditemukan tidak terdapat dalam daftar berat jenis kayu. Caranya potong salah satu cabang pohon, kemudian ukur panjang, diameter dan timbang berat basahya. Lalu masukkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 48 jam dan terakhir timbang berat keringnya. Rumus hitung volume dan BJ kayu menggunakan rumus berikut.

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \pi R^2 T$$

Keterangan: $\pi = 3.14$; R = jari-jari potongan kayu = $1/2 \times$ diameter (cm);

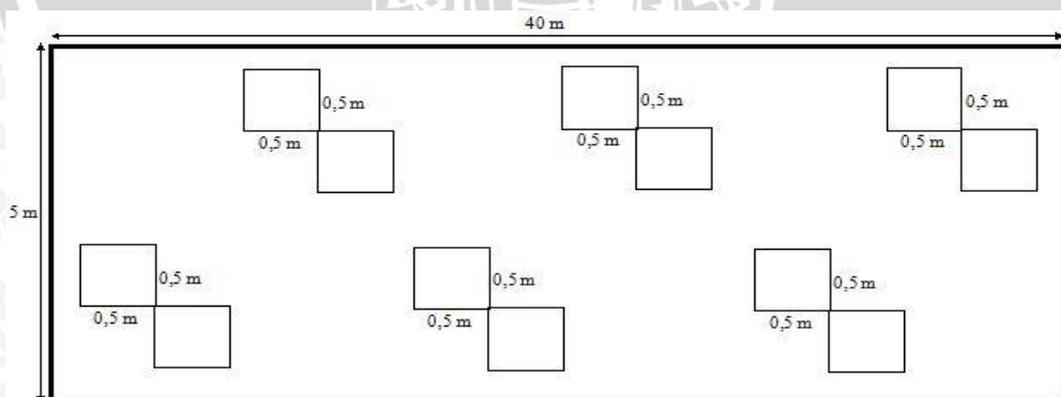
T = panjang kayu (cm)

Rumus berat jenis (BJ) kayu = $\frac{\text{Berat Kering (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$

3.3.3.2 Biomasa Tumbuhan Bawah

Metode pengambilan contoh tumbuhan bawah dilakukan dengan *metode destructive* (merusak bagian tanaman) (Hairiah *et al.*, 2011). Tumbuhan bawah yang diambil adalah semua tumbuhan penutup tanah di dalam PCP yang meliputi anakan pohon dengan diameter <5 cm, rumput, paku-pakuan, talas, tanaman herba rendah, semak belukar dan lain-lain dengan tinggi <1,5 m.

Pengambilan sampel tumbuhan bawah dilakukan dengan cara memotong semua tumbuhan bawah yang terdapat pada kuadran. Kemudian dipisahkan antara batang dan daun (Gambar 17)



Gambar 17 Plot pengambilan sampel tumbuhan bawah dan seresah

Sampel tumbuhan bawah yang diambil ditimbang berat basah daun atau batang. Selanjutnya ambil subsampel tanaman dari masing-masing biomasa daun dan batang sekitar 100 g. Bila biomasa sampel yang didapatkan hanya sedikit

(<100 g), maka semua sampel ditimbang dan dijadikan sebagai subsampel. Subsampel dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 2 x 24 jam.

Total berat kering tumbuhan bawah per kuadran dihitung dengan rumus sebagai berikut (Hairiah dan Rahayu, 2007) :

$$\text{Jumlah BK (g)} = \frac{\text{BK Subsampel (g)}}{\text{BB Subsampel (g)}} \times \text{Jumlah BB (g)}$$

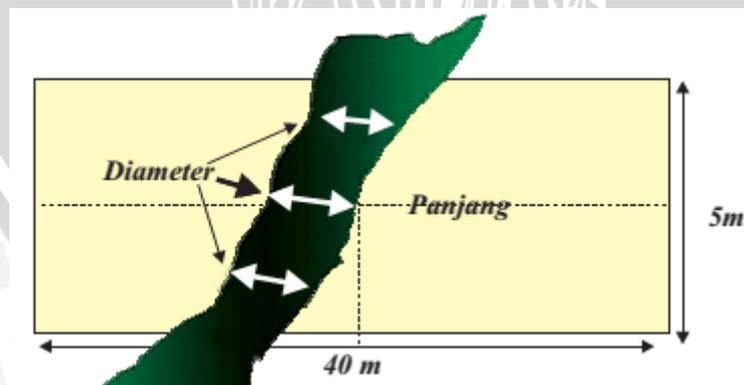
3.3.3.3 Nekromasa

Komponen nekromasa dibedakan antara nekromasa berkayu dan non-berkayu. Nekromasa berkayu, merupakan pohon mati yang masih berdiri maupun yang roboh, tunggul-tunggul tanaman, cabang dan ranting yang masih utuh yang berdiameter 5 cm dan panjang 0,5 m. Nekromasa tidak berkayu adalah seresah daun yang masih utuh (seresah kasar), dan bahan organik lainnya yang telah terdekomposisi sebagian dan berukuran >2 mm (seresah halus). Cara pengukuran dilapangan mengacu pada metode yang telah dideskripsikan dalam RaCSA (Hairiah *et al.*, 2011).

a. Nekromasa Berkayu

Pengambilan nekromasa berkayu dilakukan dengan metode *non destructive*. pengukuran pohon yang telah mati terdapat dalam petak (Gambar 18), dilakukan dengan mengukur diameter dan panjang batang dan diambil contoh kayu ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm. Timbang berat basah kemudian dioven dengan suhu 80°C selama 48 jam. Rumus hitung BJ kayu yang digunakan sebagai berikut.

$$\text{Biomasa} = \pi r^2 (\text{cm}^2) \times H (\text{cm}) \times \text{BJ} (\text{gcm}^{-3})$$



Gambar 18 Pengukuran diameter dan panjang pohon tumbang yang masuk dalam subplot utama (Hairiah *et al.*, 2011)

b. Nekromasa Tidak Berkayu

Pengambilan nekromasa tidak berkayu seperti seresah kasar diambil pada kuadran yang sama (Gambar 17). Semua seresah dikeringkan di bawah sinar matahari. Selanjutnya ambil subsampel seresah dari sekitar 100 g. Bila biomasa sampel yang didapatkan hanya sedikit (<100 g), maka semua sampel ditimbang dan dijadikan sebagai subsampel. Subsampel dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 2 x 24 jam. Setelah dioven timbang berat keringnya.

Total berat seresah per kuadran dihitung dengan rumus sebagai berikut (Hairiah dan Rahayu, 2007) :

$$\text{Jumlah BK (g)} = \frac{\text{BK Subsampel (g)}}{\text{BB Subsampel (g)}} \times \text{Jumlah BB (g)}$$

3.3.3.4 Biomasa Akar

Metode pengukuran biomasa akar pohon dengan cara pengambilan langsung seluruh akar pohon sangat sukar untuk dilakukan, mengingat sebaran akar pohon yang begitu luas dan jauh ke dalam tanah. Selain itu, hilangnya akar halus saat pengambilan kemungkinan besar terjadi dan tercampurnya akar pohon dengan akar dari tumbuhan lain di sekitarnya sehingga sulit untuk dibedakan (Sutaryo, 2009). Oleh karena itu, pengukuran biomasa akar dapat diestimasi dengan menggunakan nilai terpasang (*default value*) nisbah tajuk : akar, yaitu 4:1. (Hairiah, *et al.*, 2011)

3.3.3.5 Tanah

Pengambilan sampel tanah menggunakan metode gravimetri contoh tanah terganggu untuk menetapkan Bobot Isi (BI) tanah, data yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan berat tanah dan untuk analisis kandungan karbon tanah, pH dan tekstur tanah.

Contoh tanah diambil pada tiga kedalaman, yakni 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Analisis contoh tanah akan ditetapkan di Laboratorium Kimia Tanah Research & Development PT Astra Agro Lestari

Pada setiap PCP akan diperoleh tiga contoh tanah komposit dari tiga kedalaman. Dengan demikian total contoh tanah yang akan diperoleh: 8 (Subekosistem) x 3 ulangan x 3 contoh komposit = 72 contoh tanah.

Perhitungan Cadangan Karbon Tanah

Perhitungan cadangan karbon tanah dihitung per lapisan tanah (10 cm) dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Karbon tanah (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{Berat tanah (ton/ha)} \times \text{C organik (\%)}$$

3.4 Analisa Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Research & Development PT Astra Agro Lestari Tbk. bertujuan untuk mengetahui sifat dan kandungan unsur tanah dari plot yang diamati. Berikut ini adalah metode dan parameter yang diamati dari sampel yang akan dianalisis.

Tabel 6 Metode dan Parameter Penelitian

No	Parameter	Metode
1	pH tanah	Ekstrak 1:5 H ₂ O : 1N HCl
2	C-Organik	Walkley & Black
3	Berat isi tanah	Contoh Tanah Terganggu
4	Tekstur tanah	Hydrometer Boyoucos

3.5 Analisa Statistik

Semua perolehan data dari pengumpulan hingga diolah menjadi data akhir yang siap untuk dianalisa statistik lebih lanjut menggunakan software Genstat 15th Edition dan Excel 2013. Hasil dari pengolahan data hingga akhir dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA).

IV. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Hutan konservasi PT Astra Agro Lestari Tbk. (PT AMR) berlokasi di Kecamatan Arut Selatan Kabupaten Kotawaringin Barat Provinsi Kalimantan Tengah. Hutan konservasi ini memiliki luas \pm 700 ha dan masuk ke dalam Hak Guna Usaha (HGU) dari PT AMR yang secara geografis terletak antara 02°18'15.062" - 02°24'00" Lintang Selatan & 111°43'23.408' - 111°44'00" Bujur Timur. Masing-masing plot pengukuran permanen dilakukan sesuai dengan lokasi yang telah ditentukan pada waktu survei. Adapun letak titik koordinat dari masing-masing plot permanen dapat disajikan sebagai berikut.

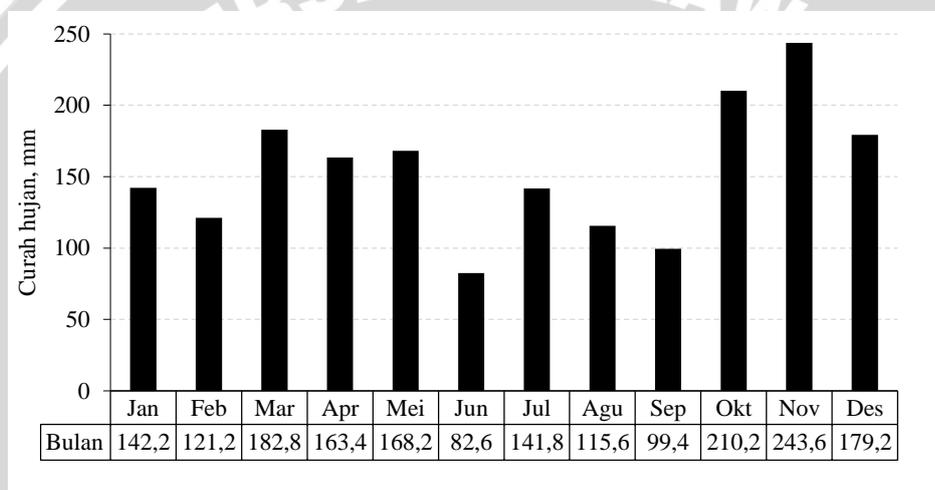
Tabel 7 Letak koordinat plot penelitian

Ekosistem	Subekosistem	Ulangan	Koordinat	
			S	E
Tergenang	T 1	1	02°21'11.4"	111°43'40.3"
Tergenang	T 1	2	02°21'11.4"	111°43'44.1"
Tergenang	T 1	3	02°21'06.2"	111°43'39.7"
Tergenang	T 2	1	02°20'39.8"	111°43'39.6"
Tergenang	T 2	2	02°20'45.5"	111°43'36.4"
Tergenang	T 2	3	02°20'39.0"	111°43'38.0"
Tergenang	T 3	1	02°20'17.9"	111°44'21.6"
Tergenang	T 3	2	02°20'17.5"	111°44'20.4"
Tergenang	T 3	3	02°20'18.7"	111°44'22.7"
Tergenang	T 4	1	02°19'18.9"	111°46'12.2"
Tergenang	T 4	2	02°19'22.6"	111°46'11.6"
Tergenang	T 4	3	02°19'20.1"	111°46'11.1"
Tidak Tergenang	TT 1	1	02°20'11.1"	111°44'52.6"
Tidak Tergenang	TT 1	2	02°20'11.0"	111°44'48.1"
Tidak Tergenang	TT 1	3	02°20'10.8"	111°44'56.8"
Tidak Tergenang	TT 2	1	02°21'12.3"	111°43'50.3"
Tidak Tergenang	TT 2	2	02°21'12.3"	111°43'51.3"
Tidak Tergenang	TT 2	3	02°21'13.1"	111°43'49.1"
Tidak Tergenang	TT 3	1	02°21'01.6"	111°44'03.2"
Tidak Tergenang	TT 3	2	02°21'01.7"	111°44'01.4"
Tidak Tergenang	TT 3	3	02°21'01.4"	111°44'04.0"
Tidak Tergenang	TT 3	1	02°19'59.7"	111°44'52.3"
Tidak Tergenang	TT 3	2	02°19'59.8"	111°44'50.8"
Tidak Tergenang	TT 3	3	02°19'59.6"	111°44'48.9"

4.2 Iklim

Klasifikasi iklim menurut sistem klasifikasi (Schmidt dan Ferguson, 1951) yang berada di wilayah hutan konservasi berdasarkan data curah hujan 5 tahun (2005-2009) terakhir masuk kedalam tipe iklim sedang, dengan ciri-ciri jumlah hujan basah antara 10 bulan dan bulan kering 2 bulan (Gambar 19).

Data curah hujan menunjukkan pula rata-rata curah hujan tahunan sebesar 1850,2 mm/tahun. Bulan basah tertinggi terdapat pada bulan November dan terendah pada bulan Juni, suhu bulanan berkisar antara 23°C - 32.2°C, sedangkan kelembaban udara bulanan berkisar antara 67.1 % - 95.6 % (Research Center PT AMR, 2014).



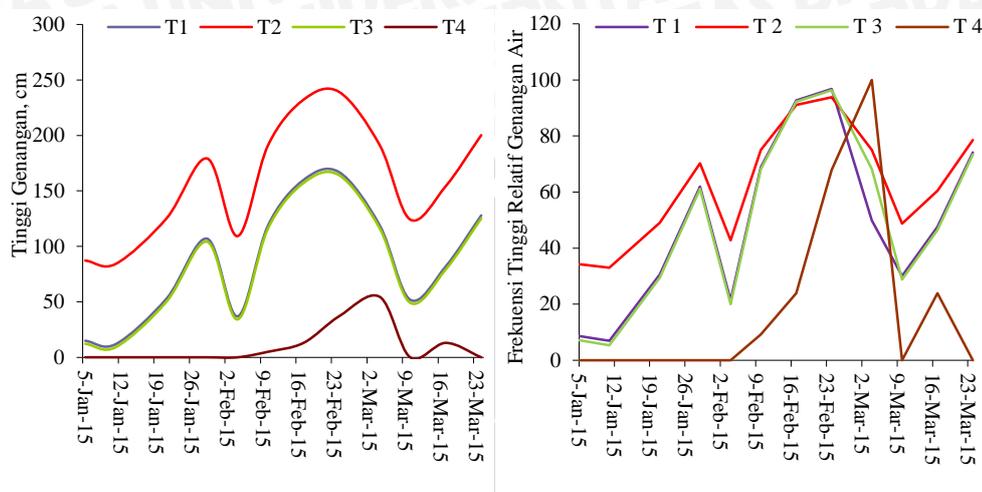
Gambar 19 Rata-rata curah hujan bulanan PT AMR tahun 2005-2009 (Research Center PT AMR, 2014)

4.3 Tinggi Genangan

Pengukuran tinggi genangan pada ekosistem tergenang bertujuan untuk melihat ukuran tinggi genangan dan frekuensi relatif genangan. Pengukuran dilakukan satu minggu sekali pada bulan Januari dengan asumsi pada bulan tersebut ekosistem tergenang sudah benar-benar digenangi air hingga bulan Maret 2015.

Pada grafik genangan air aktual terlihat bahwa puncak genangan air terjadi pada bulan Februari dan Maret dengan tinggi genangan air tertinggi ditempati pada subekosistem T2 (160 cm) sedangkan terendah ditempati oleh subekosistem T4 (10 cm). Hal ini didukung oleh data frekuensi tinggi relatif dengan grafik yang menunjukkan frekuensi tinggi relatif genangan air terbesar terjadi pada bulan

Februari dan Maret. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semua wilayah ekosistem tergenang terjadi penggenangan yang berfluktuatif selama musim hujan.



Gambar 20 Tinggi genangan aktual Gambar 21 Frekuensi tinggi relatif genangan

4.4 Tanah

Pengamatan profil tanah dilakukan pada ekosistem tidak tergenang namun tidak dilakukan pada ekosistem tergenang dikarenakan lahan yang sudah tergenang sehingga pengamatan profil tanah sukar untuk dilakukan. Berdasarkan hasil pengamatan tanah pada hutan konservasi memiliki ordo ultisols yang bercirikan utama pH tanah yang masam-hingga sangat masam, C-organik rendah dan kandungan N rendah (Lampiran1-4).

Dilihat dari sifat fisik tanah pada kedua ekosistem memiliki tekstur tanah kelas liat yang sama. Hal ini menunjukkan proses pedogenesis tanah yang telah berlangsung sangat lama. Dominasi liat terletak pada kedalaman 20-30 cm dengan rata-rata 47 % dan 42 % di kedua ekosistem. Berdasarkan tingkat kemasaman tanah, nilai pH pada kedua ekosistem sangat masam yakni 4,33 dan 4,67. Sedangkan nilai yang berbeda ditemukan pada %tase kandungan C-organik dan nilai bobot isi (BI) di kedua ekosistem. Nilai BI pada ekosistem tergenang lebih kecil ($0,64 \text{ g cm}^{-3}$) bila dibandingkan dengan ekosistem tergenang ($0,99 \text{ g cm}^{-3}$). Nilai BI yang rendah pada ekosistem tergenang dikarenakan tingkat elevasi yang rendah dan mudah tergenang jika terjadi hujan, sehingga tanah senantiasa basah. Tanah yang basah memiliki nilai BI yang rendah. Menurut Amri (2013), adanya perbedaan sifat fisik tanah hutan rawa seperti gambut dengan yang

tidak dikarenakan tanah pada hutan kering memiliki partikel tanah halus, kerapatan isi, kerapatan partikel yang tinggi dan pori tanah yang rendah. Tanah yang basah seperti tanah gambut memiliki BI berkisar antara 0,1-0,3 g cm⁻³ Sedangkan rata-rata BI normal berkisar antara 1,0-1,3 g cm⁻³ (Hanafiah, 2005). Sebaliknya kandungan C-organik pada ekosistem tergenang lebih besar (8,81 %) bila dibandingkan dengan C-organik ekosistem tidak tergenang (2,36 %). Menurut Amri (2013), tanah tidak tergenang meningkatkan laju dekomposisi karena fauna tanah lebih cepat berkembang sehingga karbon lebih mudah dilepaskan. Pada tanah tergenang keadaan tanah yang banyak dipenuhi oleh daun mati atau seresah yang turut menyumbang kandungan C-organik dan dalam kondisi anaerobik sehingga proses dekomposisi menjadi lambat yang menyebabkan kandungan karbon tersimpan dalam tanah lebih lama (Tabel 8).

Tabel 8 Karakteristik tanah dari berbagai kedalaman pada plot pengamatan hutan konservasi

Ekosistem	Kedalaman (cm)	Pasir	Debu	Liat	BI (gcm ⁻³)	pH H ₂ O	pH KCl	C-Org (%)
		-----	%	-----				
Tergenang	0 - 10	41	26	33	0,49	4,03	3,47	13,58
	10 -20	20	26	54	0,67	4,44	3,45	6,18
	20 - 30	19	27	54	0,76	4,54	3,47	6,11
Rata-rata		27	26	47	0,64	4,33	3,46	8,62
Tidak Tergenang	0 - 10	36	32	31	0,83	4,42	3,50	3,97
	10 -20	29	27	44	1,03	4,79	3,65	1,69
	20 - 30	23	26	51	1,10	4,81	3,65	1,32
Rata-rata		29	28	42	0,99	4,67	3,60	2,33

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Vegetasi

Jenis vegetasi yang ditemukan di hutan konservasi PT AMR sangat beragam jenis spesiesnya. Karakteristik vegetasi di hutan konservasi PT AMR didominasi oleh tumbuhan famili Dipterocarpaceae, Verbenaceae, Phyllanthaceae, Annonaceae, Euphorbiaceae, dan Theaceae (Tabel 9). Berdasarkan penelitian Ishaq (2015), kekayaan jenis pohon di kawasan hutan konservasi ini ditemukan sebanyak 10241 individu ha⁻¹ yang terdiri dari 333 jenis. Komposisi jenis vegetasi pada lokasi penelitian yang meliputi kerapatan relatif, frekuensi relatif, dominansi relatif dan indeks nilai penting disajikan pada Tabel 10.

Tabel 9 Dominasi jenis famili hutan konservasi PT AMR

Ekosistem	Subekosistem	Famili
Tergenang	T1	Dipterocarpaceae
	T2	Verbeneaceae
	T3	Euhorbiaceae
	T4	Annonaceae
Tidak Tergenang	TT1	Theaceae
	TT2	Euhorbiaceae
	TT3	Theaceae
	TT4	Euphorbiaceae

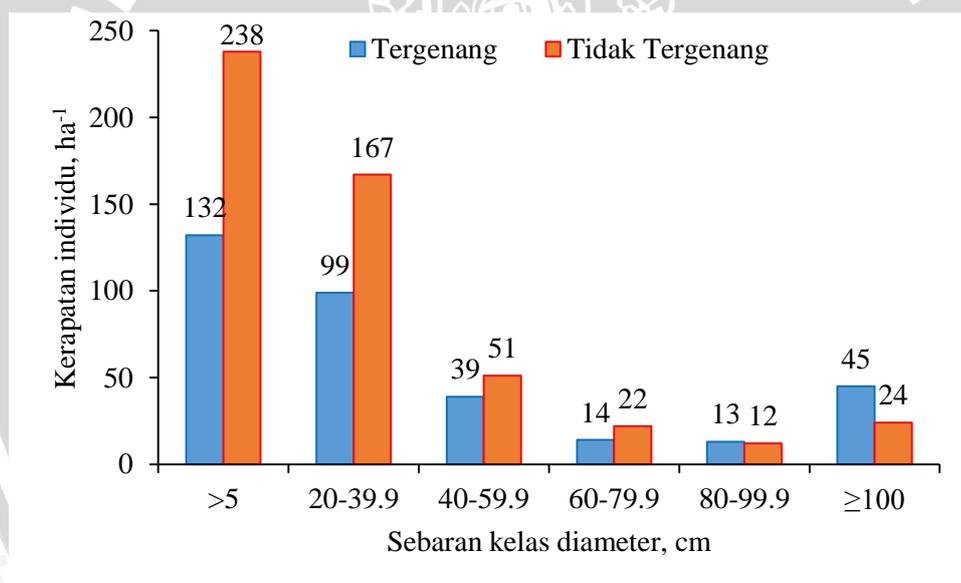
Tabel 10 8 jenis spesies pohon dengan INP tertinggi hutan koservasi PT AMR

Ekosistem	Sub Ekosistem	Spesies	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP (%)
Tergenang	T1	<i>Shorea balangeran</i>	52,4	32,0	63,3	147,7
	T2	<i>Callicarpa havilandii</i>	68,6	66,4	64,9	199,9
	T3	<i>Baccaurea edulis</i>	24,5	9,1	19,2	52,9
	T4	<i>Polyalthia xanthopetala</i>	15,8	9,8	14,2	39,7
Tidak Tergenang	TT1	<i>Schima wallichii</i>	35,9	9,0	36,1	81,0
	TT2	<i>Hevea brasiliensis</i>	33,9	13,7	39,1	86,7
	TT3	<i>Schima wallichii</i>	15,2	10,6	14,9	40,7
	TT4	<i>Macaranga gigantea</i>	30,2	11,1	29,9	71,3

Pada tabel 5.2 disebutkan bahwa *Callicarpa havilandii* memiliki nilai indeks nilai penting (INP) tertinggi di antara semua spesies. Dari Tabel tersebut pula dapat diketahui besarnya nilai INP bergantung pada nilai kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR) dan dominansi relaif (DR). Terlihat pula perbandingan nilai INP ekosistem tergenang masih lebih besar daripada ekosistem tidak tergenang.

5.1.1 Sebaran Kelas Diameter

Berdasarkan sebaran diameter batang dan kerapatan individu yang ada, kerapatan rata-rata diameter batang pohon >5 cm sebanyak 57 individu/ha untuk ekosistem tergenang dan sebanyak 86 individu/ha untuk ekosistem tidak tergenang. Pada gambar 22 dibawah ini, menunjukkan kenaikan jumlah pohon sangat banyak terdapat pada pohon berdiameter >5 cm (43 %), kemudian menurun pada pohon berdiameter 20 – 39,9 cm (33 %), dan menurun lagi pada kelas diameter 40-59,9 (10 %) dan menurun lagi pada kelas diameter 60-79,9 (3 %) dan semakin menurun hingga pohon berdiameter 80-99,9 (2 %) yang diikuti pula dengan penurunan jumlah pohon. Kemudian kenaikan terjadi pada pohon berdiameter >100 cm (9 %) meskipun jumlahnya yang terbilang sedikit. Hal ini menunjukkan hutan konservasi PT AMR memiliki struktur vegetasi yang bervariasi.



Gambar 22 Kerapatan pohon berdasarkan kelas diameter hutan konservasi PT AMR

Pada gambar tersebut juga menunjukkan pohon kelas diameter >5 -39,9 cm terbanyak terdapat pada ekosistem tidak tergenang. Secara keseluruhan perbedaan besar kecilnya kelas diameter menandakan bahwa terdapat variasi umur tumbuh pohon dan jenis individu adaptif pada hutan konservasi. Penurunan yang terjadi pada pohon dengan kelas diameter 40-100 cm mengindikasikan adanya gangguan pada hutan konservasi. Meskipun demikian, adanya pohon berdiameter >100 cm menunjukkan hutan konservasi masih memiliki area yang alami.

Berdasarkan struktur hutan yang ada pada hutan konservasi PT AMR termasuk dalam kelas hutan normal. Hutan dengan kelas normal memiliki ketersediaan tegakan vegetasi yang tinggi. Tegakan vegetasi pada hutan normal ini dapat memperbaiki struktur dan komposisi hutan dan dapat menjamin kelangsungan tegakan vegetasi di masa yang akan datang karena hilangnya pohon berdiameter besar dapat tergantikan dengan pohon berdiameter lebih kecil (Bismark *et al.*, 2008; Suwardi *et al.*, 2013; Indrajaya, 2013).

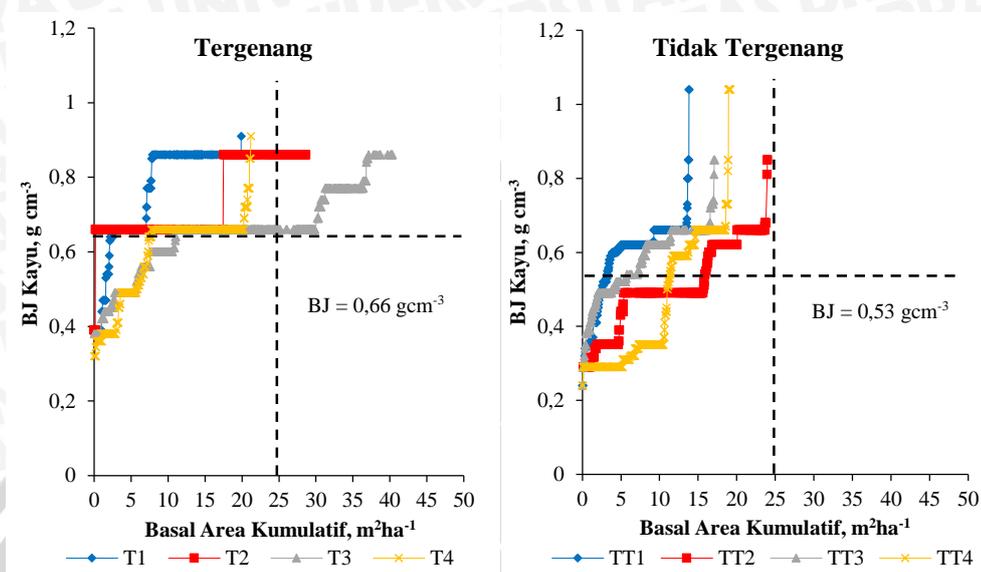
5.1.2 Berat Jenis Kayu

Berat jenis kayu merupakan bagian dari sifat fisis kayu yang berbanding lurus dengan kekuatan kayu. Berat jenis kayu merupakan berat atau masa per volume yang dapat digunakan untuk mengetahui biomasa dan dinyatakan sebagai berat kering kayu dibagi volume kayu dalam keadaan kering udara.

Berdasarkan penelitian Ishaq (2015), hutan konservasi PT AMR memiliki rata-rata berat jenis kayu $0,66 \text{ g cm}^{-3}$ (sedang) untuk ekosistem tergenang dan $0,53 \text{ g cm}^{-3}$ (ringan) untuk ekosistem tidak tergenang. Nilai berat jenis kayu dari suatu tegakan tidak selalu linier dengan luas basal area tegakan tersebut dengan kata lain berkaitan dengan diameter batang tegakan. Basal area dari suatu tegakan menunjukkan besarnya luasan tanah yang tertutup oleh tegakan pohon yang diukur pada tegakan batang berdiameter $>5 \text{ cm}$. Pada ekosistem tidak tergenang luas basal area kumulatif ditemukan tidak lebih dari $25 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ dengan berat jenis kayu terbanyak berkisar antara $0,3-0,75 \text{ g cm}^{-3}$ dan ditemukan sedikit sekali berat jenis kelas berat yang lebih dari $0,75 \text{ g cm}^{-3}$ sedangkan pada ekosistem tergenang basal area kumulatif ditemukan mencapai lebih dari 25 dan mencapai $40 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ yang menandakan ditemukannya ukuran batang pohon dengan diameter lebih dari 30 cm dan banyak sekali pohon dengan berat jenis $0,66 \text{ g cm}^{-3}$ (Gambar 23). Fakta ini menunjukkan berat jenis kayu kelas berat tidak selalu berdiameter besar. Semakin besar berat jenis kayu pada tegakan maka potensi tegakan dalam menyimpan karbon semakin besar.

Adanya perbedaan basal area kumulatif dikarenakan adanya perbedaan kemampuan masing-masing jenis pohon untuk beradaptasi terhadap faktor lingkungannya. Semakin besar basal area kumulatif mengindikasikan jenis vegetasi

tersebut memiliki kemampuan yang tinggi pula untuk adaptif terhadap faktor lingkungannya (Simamora, 2013).



Gambar 23 Hubungan berat jenis dengan basal area kumulatif

5.1.3 Pengembangan Persamaan Alometrik *Pandanus sp.*

Pada subekosistem T1 banyak ditemukan spesies pandan (*Pandanus sp*) (Gambar 24). Sehingga untuk mengestimasi nilai biomasanya diperlukan persamaan alometrik yang spesifik. Pengembangan persamaan alometrik dapat diestimasi berdasarkan persamaan regresi biomasa atau berat kering dengan berbagai dimensi dari suatu spesies tegakan pohon (Siregar dan Heriyanto, 2010). Pada penelitian ini persamaan alometrik dibangun dari perbandingan regresi berat kering dengan tinggi dan diameter tegakan yang selanjutnya ditentukan hubungan yang lebih erat dari kedua dimensi tersebut.

Gambar 24 *Pandanus sp.*

Pengambilan sampel untuk pengembangan persamaan alometrik ditekankan pada perbedaan tinggi dan diameter batang pohon yang kemudian dikering oven untuk mengetahui biomasa dan berat jenisnya sehingga diperoleh sampel yang dapat mewakili dari seluruh populasi (Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 2013). Dari seluruh populasi *Pandanus sp.* yang terdapat pada subekosistem T1 didapat 8 pohon dan hasilnya tertera pada tabel 11 di bawah ini.

Tabel 11 Berat jenis *Pandanus sp.*

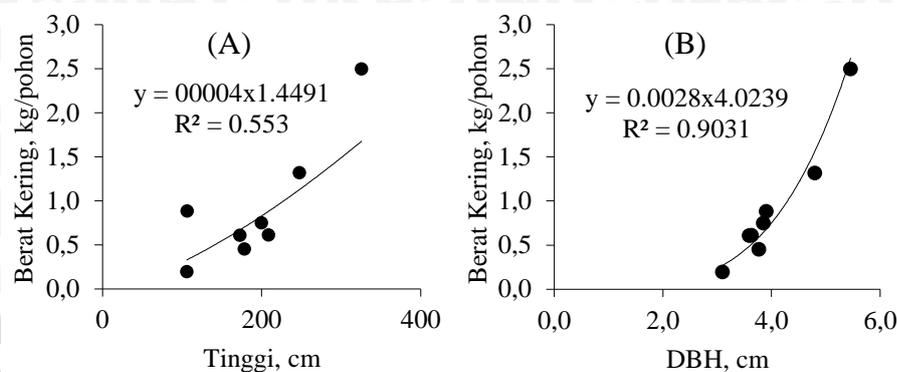
No	Biomasa (Kg)	Berat Jenis (g cm ⁻³)
1	0,612	0,26
2	0,194	0,19
3	0,453	0,21
4	0,884	0,68
5	0,606	0,31
6	0,750	0,31
7	1,317	0,35
8	2,498	0,45
Jumlah		2,76
Rata-rata		0,34

Berdasarkan hasil analisis korelasi dan regresi data sampel *Pandanus sp.*, berat kering masa pohon berhubungan lebih erat dengan diameter batang ($R^2=0,903$) daripada dengan panjang batang ($R^2=0,553$) (Gambar 25). Nilai koefisien determinasi (R^2) menunjukkan tingkat kemantapan model persamaan yang diperoleh. Semakin besar nilai R^2 , maka persamaan model yang diperoleh semakin bagus dan menunjukkan tingkat keerratan yang dekat antar parameter. Hal ini sesuai dengan penelitian Siregar dan Heriyanto (2010), yang mensyaratkan dalam persamaan alometrik hubungan antar parameter tegakan harus memiliki nilai R^2 lebih dari 60 %. Dengan demikian estimasi biomasa tumbuhan pandan cukup kuat untuk diestimasi berdasarkan data DBH tumbuhan dan untuk selanjutnya estimasi biomasa tegakan *Pandanus sp.* dapat dihitung dengan hanya mengukur diameter

batang tanpa harus mengukur tinggi tegakan dengan menggunakan persamaan alometrik yaitu:

$$Y = BJ \times 0,002D^{4,023}$$

Keterangan : Y = biomasa pandan (kg/batang), D = DBH pandan (cm)



Gambar 25 Hubungan berat kering pohon dengan tinggi dan DBH

5.2 Biomasa dan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah

5.2.1 Pohon

Semua komponen yang termasuk dalam cadangan karbon terdiri atas cadangan karbon di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah. Cadangan karbon di atas permukaan tanah ialah semua vegetasi hidup atau biomasa dan sisa bagian tubuhnya yang berada di atas permukaan tanah (Hairiah *et al.*, 2011). Salah satu komponen cadangan karbon di atas permukaan tanah ialah pohon. Cadangan karbon yang terdapat pada pohon merupakan jumlah karbon didalam tubuh pohon pada suatu area.

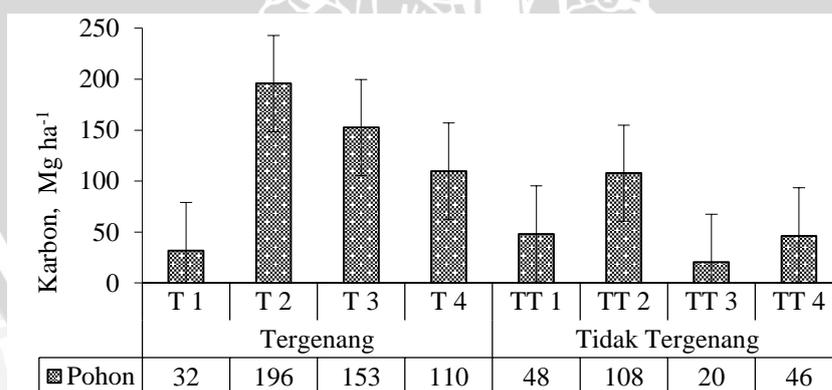
Menurut Ariani *et al.*, (2014), pengukuran biomasa dapat memberikan informasi tentang nutrisi dan persediaan karbon dari vegetasi tersebut dan lahan secara keseluruhan. Pada pengukuran karbon pohon ini digunakan persamaan alometrik setelah mengetahui diameter batang yang diukur 1,5 m dari permukaan tanah. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata biomasa dan cadangan karbon tegakan pohon hutan konservasi 2 kali lebih besar terdapat pada hutan ekosistem tergenang (266 Mg ha⁻¹ dan 122 Mg ha⁻¹) bila dibandingkan dengan ekosistem tidak tergenang (121 Mg ha⁻¹ dan 56 Mg ha⁻¹).

Tabel 12 Kandungan biomasa dan cadangan karbon pohon

Ekosistem	Subekosistem	Biomasa (Mg ha ⁻¹)	Karbon (Mg ha ⁻¹)
T	T1	69	32
	T2	426	196
	T3	332	153
	T4	239	110
Rata-rata		266	122
TT	TT1	105	48
	TT2	234	108
	TT3	44	20
	TT4	101	46
Rata-rata		121	56

Keterangan: T = tergenang; TT = tidak tergenang

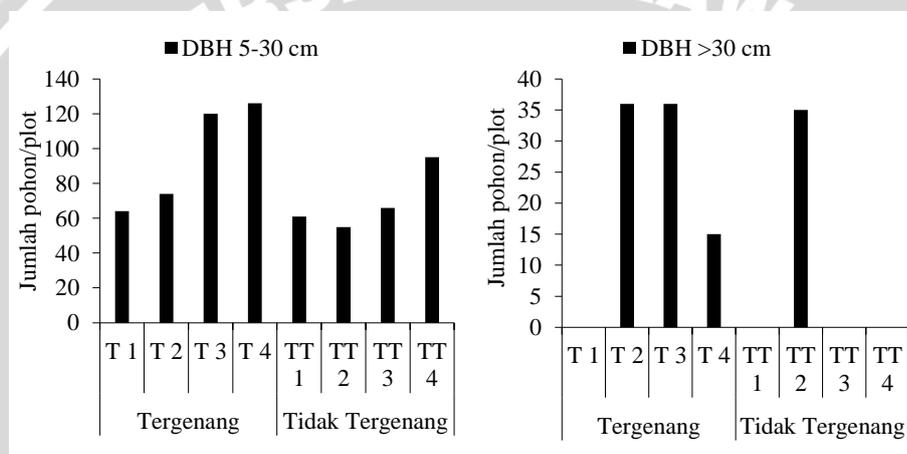
Hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan besarnya cadangan karbon pohon berbeda nyata ($p < 0,05$). Pada gambar 26 terlihat cadangan karbon terbesar terdapat pada subekosistem T2 dan terkecil terdapat pada subekosistem TT3. Menurut Bismark *et al.*, (2008), besarnya biomasa pada tegakan hutan tergantung pada diameter, tinggi, berat jenis kayu, kerapatan dan kesuburan tanah. Pohon dengan ukuran diameter 5-30 cm mendominasi pada ekosistem tergenang dan tidak tergenang, namun untuk jumlah pohon berdiameter lebih dari 30 cm lebih banyak dijumpai pada ekosistem tergenang (Gambar 27). Jumlah pohon berdiameter 5-30 cm sebanyak 162 di ekosistem tergenang dan 277 di ekosistem tidak tergenang, sedangkan jumlah pohon berdiameter >30 cm sebanyak 87 di ekosistem tergenang dan 35 di ekosistem tidak tergenang.



Gambar 26 Cadangan karbon pohon

Sebaran jumlah pohon tidak selalu berbanding lurus dengan besarnya cadangan karbon yang pada tegakan hutan. Ekosistem tergenang memiliki jumlah pohon yang lebih banyak daripada ekosistem tidak tergenang namun besarnya cadangan karbon masih jauh lebih besar terdapat pada ekosistem tergenang. Hal ini

didukung oleh Suwardi *et al.*, (2013), dalam penelitiannya yang menyebutkan jumlah individu pohon berbanding terbalik dengan cadangan karbon. Jumlah individu yang sedikit tetapi memiliki diameter batang yang besar jauh dapat menyimpan karbon lebih banyak daripada jumlah individu pohon yang banyak namun memiliki diameter batang yang kecil. Namun menurut Bismark *et al.*, (2008), bukan berarti tegakan dengan diameter kecil tidak berpotensi menyimpan karbon lebih besar akan tetapi sebaliknya karena tegakan berdiameter kecil menandakan umur yang masih muda sehingga pertumbuhan relatif lebih cepat dikarenakan proses fotosintesis yang berjalan lancar dan berpotensi menyerap dan mengurangi kadar CO₂ dalam jumlah besar.



Gambar 27 Jumlah pohon DBH 5-30 cm dan >30 cm

Nilai cadangan karbon pada suatu wilayah dipengaruhi oleh berat jenis kayu. Semakin besar nilai berat jenis kayu pada pohon, maka semakin besar potensi cadangan karbon (Hairiah dan Rahayu, 2007). Dominasi pohon yang dijumpai pada ekosistem tergenang terdiri atas; *Shorea blarengan*, *Callicarpa havilandii*, *Beccaurea edulis*, dan *Polyalthia xantopyhlla* yang memiliki berat jenis kayu 0,66-0,86 g cm⁻³ dan berkategori kayu kelas berat. Pada ekosistem tidak tergenang dominasi pohon yang dijumpai terdiri atas; *Schima wallichii*, *Hevea brasiliensis*, dan *Macaranga gigantea* yang memiliki berat jenis kayu 0,37-0,71 g cm⁻³ dan berkategori kayu kelas sedang.

5.2.2 Tumbuhan Bawah

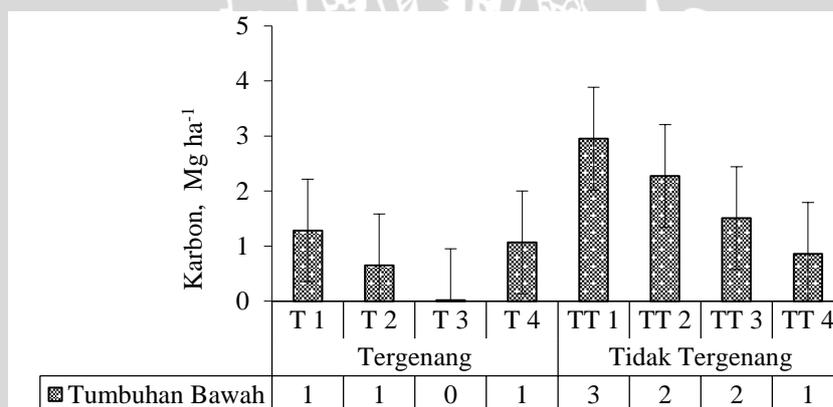
Hasil penelitian menunjukkan rata-rata biomasa dan cadangan karbon pada ekosistem tidak tergenang lebih banyak dua kali (4 Mg ha⁻¹ dan 2 Mg ha⁻¹) daripada ekosistem tergenang (2 Mg ha⁻¹ dan 1 Mg ha⁻¹) (p<0,05). Pada ekosistem tergenang

masing-masing subekosistem menyumbang biomasa dan cadangan karbon kecuali subekosistem T3. Sedangkan pada ekosistem tidak tergenang rata-rata biomasa dan cadangan karbon terdapat pada semua subekosistem. Subekosistem TT1 memiliki rata-rata biomasa dan cadangan karbon terbesar (6 Mg ha^{-1} dan 3 Mg ha^{-1}) dan terkecil terdapat pada subekosistem TT4 (2 Mg ha^{-1} dan 1 Mg ha^{-1}) (Tabel 13).

Tabel 13 Kandungan biomasa dan cadangan karbon tumbuhan bawah

Ekosistem	Subekosistem	Biomasa (Mg ha^{-1})	Karbon (Mg ha^{-1})
T	T1	3	1
	T2	1	1
	T3	0	0
	T4	2	1
	Rata-rata	2	1
TT	TT1	6	3
	TT2	5	2
	TT3	3	2
	TT4	2	1
	Rata-rata	4	2

Keterangan: T = tergenang; TT = tidak tergenang



Gambar 28 Cadangan karbon tumbuhan bawah

Terlihat pada gambar 28 besarnya cadangan karbon pada ekosistem tidak tergenang dua kali lebih besar dibanding ekosistem tergenang. Kontribusi cadangan karbon pada ekosistem tergenang begitu kecil hingga terdapat subekosistem yang tidak memberikan nilai cadangan karbon. Tidak ditemukannya tumbuhan bawah pada subekosistem T3 dikarenakan kerapatan vegetasi yang cukup tinggi. Kerapatan pohon yang tinggi membuat cahaya tidak dapat menembus ke bawah sehingga tumbuhan bawah tidak memperoleh cahaya matahari yang menyebabkan terganggunya proses fisiologis tumbuhan bawah. Arifanti (2014), menyatakan hutan yang memiliki kerapatan tajuk rendah dapat meneruskan cahaya matahari ke

lantai hutan sehingga memungkinkan tumbuhan bawah untuk dapat tumbuh begitu pula sebaliknya.

Perbedaan cadangan karbon yang cukup signifikan ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Lahan yang tergenang ketika musim hujan menjadi faktor utama mengapa tumbuhan bawah pada ekosistem tergenang rendah. Rendahnya kemampuan biji tanaman untuk tumbuh pada kondisi tanah jenuh air. Berbeda halnya pada lahan kering yang kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan biji sehingga dapat tumbuh. Hal ini sesuai hasil penelitian Ariani *et al.*, (2014), perbedaan besar kecilnya cadangan karbon pada suatu wilayah dipengaruhi oleh jenis vegetasi, kerapatan, dan jenis lahan.

5.2.3 Nekromasa

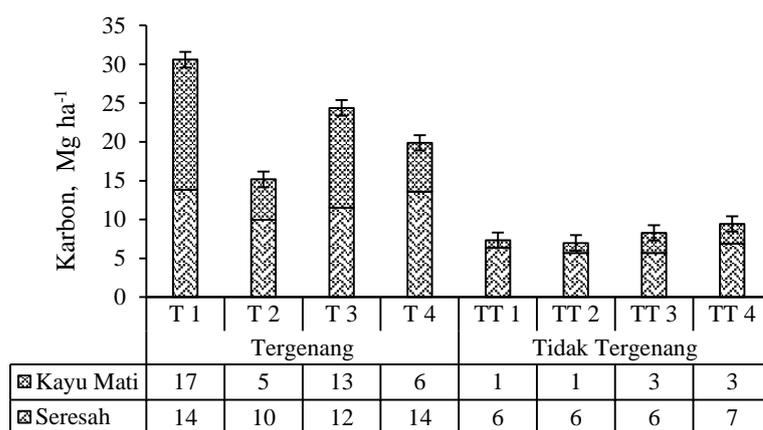
Hasil perhitungan biomasa dan cadangan karbon nekromasa disajikan pada Tabel 14). Terlihat rata-rata biomasa cadangan karbon pada ekosistem tergenang sebesar 49 Mg ha⁻¹ dan 22 Mg ha⁻¹ dan ekosistem tidak tergenang sebesar 17 Mg ha⁻¹ dan 8 Mg ha⁻¹. Hal ini menunjukkan rata-rata biomasa dan cadangan karbon nekromasa ekosistem tergenang lebih besar dua kali daripada ekosistem tidak tergenang.

Tabel 14 Kandungan Biomasa dan cadangan karbon nekromasa

Ekosistem	Subekosistem	Biomasa (Mg ha ⁻¹)		Karbon (Mg ha ⁻¹)	
		Seresah	Kayu mati	Seresah	Kayu mati
T	T1	30	36	14	17
	T2	22	11	10	5
	T3	25	28	12	13
	T4	30	14	14	6
Rata-rata		27	22	12	10
TT	TT1	14	2	6	1
	TT2	12	3	6	1
	TT3	12	6	6	3
	TT4	15	6	7	3
Rata-rata		13	4	6	2

Keterangan: T = tergenang; TT = tidak tergenang

Analisis ragam menunjukkan perbedaan yang sangat nyata diantara kedua ekosistem terhadap kandungan karbon ($P < 0,01$). %tase besarnya seresah pada kedua ekosistem masih lebih besar (60 %) bila dibandingkan kayu mati (40 %). Keberadaan kayu mati pada ekosistem tergenang lebih banyak daripada ekosistem tidak tergenang (85 %) yang diikuti dengan seresah (67 %) (Gambar 29).

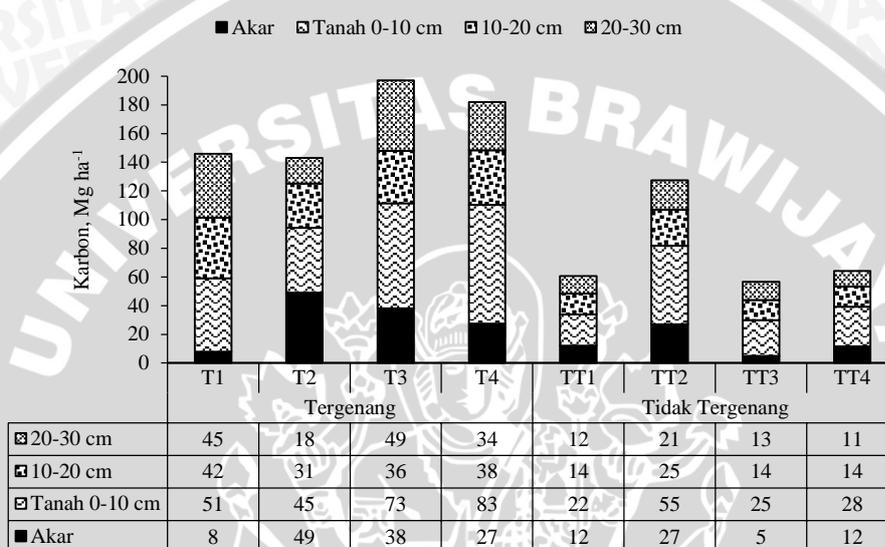


Gambar 29 Cadangan karbon nekromasa

Besarnya cadangan karbon pada ekosistem tergenang disebabkan oleh banyaknya pohon berdiameter >30 cm yang menandakan pohon berumur tua. Pohon semakin tua akan semakin tinggi, memiliki cabang dan ranting yang banyak serta daunnya. Hal ini memungkinkan proses regenerasi berlangsung lama sehingga menyumbang nekromasa baik itu berkayu maupun non-kayu berada dipermukaan tanah. Banyaknya daun mati dan bagian tubuh tumbuhan lain yang berada dipermukaan tanah menyebabkan nilai cadangan karbon lebih tinggi. Menurut Indriyani (2011), semakin tinggi umur suatu tegakan maka seresah yang ada semakin banyak memenuhi permukaan tanah. Berdasarkan hal itu pula, banyak pohon yang mati dan turut menyumbang karbon. Menurut Krisnawati *et al.*, (2014), kayu mati merupakan komponen *pool* karbon yang berperan besar pada tipe hutan khususnya hutan sekunder. Besarnya peranan kayu mati dalam menyimpan karbon dapat berkisar antara 11-40 % dari total karbon pada ekosistem. Adanya kayu mati pada hutan sekunder menandakan bahwa hutan tersebut telah terganggu. Hutan yang terganggu akan mempengaruhi potensi simpanan karbon yang dimiliki, dimana akan terjadi aliran atau siklus karbon dari *pool* karbon biomasa menjadi *pool* karbon kayu mati (nekromasa) setelah adanya gangguan pada ekosistem tersebut.

5.3 Cadangan Karbon di Bawah Tanah

Salah satu komponen cadangan karbon lainnya terdapat dalam tanah ialah akar vegetasi dan bahan organik tanah. Peran mengukur cadangan karbon bawah tanah sama pentingnya dengan mengukur cadangan karbon di atas tanah. Beberapa penelitian karbon tidak memberikan data cadangan karbon di bawah tanah dan hanya menyajikan cadangan karbon di atas tanah sehingga masih belum dapat menyatakan jumlah cadangan karbon di suatu wilayah.



Gambar 30 Cadangan karbon di dalam tanah

Pada gambar 30 disajikan nilai cadangan karbon dalam tanah. Cadangan karbon pada akar di hutan konservasi lebih besar pada daerah tergenang 2 kali dari pada ekosistem tergenang. Secara umum cadangan karbon ekosistem tergenang lebih besar daripada ekosistem tidak tergenang ($P < 0,05$) dan berkontribusi sekitar 17 % dari semua cadangan karbon yang ada dibawah tanah.

Pada gambar 30 terlihat cadangan karbon tanah lebih besar ($P < 0,01$) pada ekosistem tergenang bila dibandingkan ekosistem tidak tergenang atau 2 kali lebih besar. Pada gambar tersebut terlihat kandungan karbon tanah banyak ditemui pada kedalaman 0-10 cm (40 %) dan semakin menurun sejalan dengan jarak kedalaman tanah. Banyaknya kandungan karbon pada kedalaman 0-10 cm dikarenakan banyaknya masukan bahan organik tanah berupa seresah maupun kayu mati dan terbukti nekromasa pada ekosistem tergenang lebih banyak daripada ekosistem tidak tergenang (Gambar 29). Hal ini sejalan dengan penelitian Siringoringo (2013),

yang menyatakan peningkatan konsentrasi karbon organik pada lapisan atas dikarenakan banyaknya seresah yang berada dibagian permukaan tanah. Selain itu tanah pada ekosistem tergenang dominan memiliki tekstur tanah liat. Kondisi tanah bertekstur liat, tergenang dan nekromasa yang banyak membuat proses dekomposisi berlangsung lambat, sehingga banyak bahan organik tanah yang tertimbun dan bertahan diatas permukaan tanah. Menurut Jeyanny *et al.*, (2014) dan Siringoringo (2013), cadangan karbon pada tanah dipengaruhi oleh bobot isi tanah (BI), kandungan bahan organik dan kedalaman tanah nilai BI yang rendah akan turut menyumbang karbon lebih banyak. Nilai BI yang rendah berkaitan dengan proses dekomposisi dan meningkatnya seresah, akar, dan bahan organik tanah. Pada Tabel dibawah ini menunjukkan rata-rata nilai BI tanah pada ekosistem tergenang 0,64 g cm⁻³ dengan C-organik 8,62 % sedangkan rata-rata nilai BI tanah pada ekosistem tidak tergenang 0,99 g cm⁻³ dengan C organik 2,33 % (Tabel 15).

Tabel 15 BI dan C organik tanah pada hutan konservasi PT AMR

Ekosistem	Kedalaman (cm)	BI (g cm ⁻³)	C-Org (%)
Tergenang	0-10	13,58	13,58
	10-20	6,18	6,18
	20-30	6,11	6,11
Rata-rata		0,64	8,62
Tidak Tergenang	0-10	3,97	3,97
	10-20	1,69	1,69
	20-30	1,32	1,32
Rata-rata		0,99	2,33

5.3.3 Total Cadangan Karbon

Total cadangan karbon diperoleh dari hasil penjumlahan nilai 5 *pool* karbon yang berasal dari perhitungan biomasa (Mg ha⁻¹) dikalikan dengan nilai default 0,46 sehingga hasil dari perhitungan tersebut berupa cadangan karbon (Mg ha⁻¹) yang terdapat di atas tanah dan dibawah tanah kecuali karbon tanah. Cadangan karbon yang berada diatas tanah dihitung berdasarkan berat kering biomasa yang terdiri atas biomasa pohon, tumbuhan bawah, dan nekromasa. Pendugaan biomasa akar pohon dilakukan dengan menggunakan nilai terpasang 4:1. Sedangkan perhitungan karbon tanah berdasarkan kandungan organik tanah (%) dikalikan dengan berat tanah (Mg ha⁻¹).

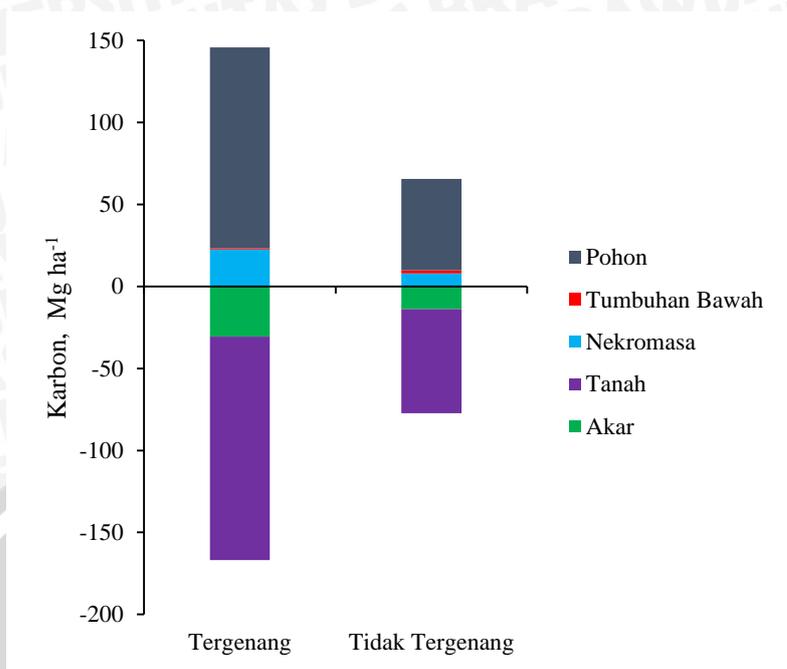
Hasil penelitian menunjukkan total rata-rata cadangan karbon di masing-masing ekosistem tergenang dan tidak tergenang menyumbang simpanan karbon

sebesar 313 Mg ha⁻¹ dan 143 Mg ha⁻¹ (Tabel 16). Nilai ini sangat berbeda nyata ($p < 0,01$) yang menunjukkan ekosistem tergenang mengandung cadangan karbon lebih besar 55 % dibandingkan dengan yang ada di ekosistem tidak tergenang (Gambar 31). Baik ekosistem tergenang maupun tidak tergenang cadangan karbon didominasi oleh cadangan karbon di bawah tanah. Besarnya kandungan organik tanah ekosistem tergenang lebih besar (167 Mg ha⁻¹) daripada ekosistem tidak tergenang (77 Mg ha⁻¹). Untuk karbon di atas permukaan tanah besarnya total karbon pada ekosistem tergenang masih lebih besar (146 Mg ha⁻¹) daripada ekosistem tidak tergenang (66 Mg ha⁻¹). Hal ini menunjukkan perbedaan kandungan karbon di bawah tanah pada hutan sekunder berbanding terbalik dengan kandungan karbon di atas tanah.

Tabel 16 Kandungan Total Cadangan Karbon Hutan Konservasi PT AMR

Ekosistem	Subekosistem	Karbon (Mg ha ⁻¹)		
		AGB	BGB	Total
T	T1	64	146	210
	T2	212	143	355
	T3	177	197	374
	T4	131	182	313
Rata-rata		146	167	313
TT	TT1	58	61	119
	TT2	117	128	245
	TT3	30	57	87
	TT4	57	64	121
Rata-rata		66	77	143

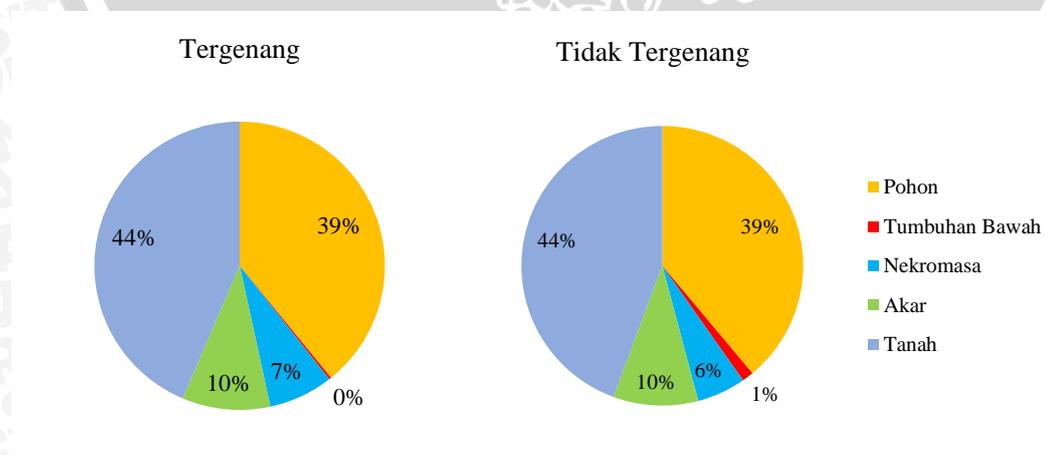
Keterangan: T = tergenang; TT = tidak tergenang; AGB = karbon di atas tanah; BGB = karbon di bawah tanah



Gambar 31 Total cadangan karbon hutan konservasi di ekosistem tergenang dan tidak tergenang

5.3.4 Proporsi Cadangan Karbon

Nilai total cadangan karbon yang ada di hutan konservasi PT AMR bervariasi berdasarkan jenis lahan. Terbukti perbedaan yang besar terdapat pada ekosistem tergenang yang memiliki komposisi jenis tegakan, komposisi jenis, dan berat jenis kayu (Ishaq, 2015). Kontribusi *pool* karbon dari kedua ekosistem tidak jauh berbeda. Pada karbon di atas tanah proporsi cadangan karbon mencapai 46 % dengan sumbangan terbesar pada komponen *pool* pohon (39 %). Sedangkan karbon di bawah tanah mencapai 55 % dengan *pool* tanah yang mencapai 44 % (Gambar 32).



Gambar 32 Proporsi *pool* cadangan karbon hutan konservasi

Cadangan karbon pohon pada permukaan menyimpan karbon lebih banyak (39 %). Besarnya simpanan karbon berbanding lurus dengan kuantitas simpanan biomasa (Ariani *et al.*, 2014). Biomasa pohon dalam menyerap karbon sangat besar peranannya karena kaitannya dengan proses fisiologis tumbuhan yakni fotosintesis. Menurut Junaedi (2008), pohon di hutan memiliki interaksi yang penting dengan CO₂ dari proses fotosintesis yang secara alami pohon menyerap CO₂ yang dibantu dengan sinar matahari diubah menjadi gula dan O₂. Produk dari proses fotosintesis berupa O₂ menjadi gas esensial yang dibutuhkan oleh respirasi makhluk hidup.

Proporsi tumbuhan bawah terhadap cadangan karbon di atas permukaan tanah terbilang kecil (1 %). Menurut Krisnawati *et al.*, (2014), hutan sekunder umumnya memiliki proporsi biomasa tumbuhan bawah yang kecil dan meskipun kecil *pool* tumbuhan bawah ini masih sering digunakan dalam menghitung biomasa di permukaan tanah untuk mendapatkan nilai yang akurat dan lengkap.

Kontribusi cadangan karbon nekromasa pada hutan konservasi 7 %. Dalam siklus CO₂ berperan dalam menghasilkan emisi CO₂ dari proses pelapukan dan dari hasil akhir menghasilkan produk bahan organik yang dapat diserap tanaman (Bismark *et al.*, 2008). Nekromasa, baik didalamnya kayu mati maupun seresah merupakan komponen *pool* yang berperan besar pada tipe hutan sekunder. Adanya nekromasa yang besar menunjukkan adanya gangguan pada hutan tersebut yang mempengaruhi cadangan karbon sehingga *pool* nekromasa dapat menjadi *pool* dalam jangka panjang pada hutan terganggu.

Pada cadangan karbon akar, besarnya berbanding lurus dengan tegakan pohon yang ada di atas permukaan tanah. Hutan konservasi memiliki proporsi cadangan karbon akar 10 %. Proporsi cadangan karbon akar umumnya sekitar 5-20 % dan besarnya cadangan karbon ini dapat dimungkinkan akumulasi dari tipe tanah, kesuburan tanah, dan kelembapan tanah (Brown dan Lugo, 1992 *dalam* Krisnawati *et al.*, 2014).

Pada *pool* karbon tanah yang merupakan bagian dari komponen bagian dalam tanah besarnya melebihi cadangan karbon di atas tanah. Besarnya kontribusi karbon tanah mencapai 44 %. Hal ini sangat dimungkinkan ditemukan pada hutan sekunder yang umumnya terganggu sehingga memberikan masukan bahan organik kedalam

tanah. Selain itu sifat fisik dan kimia tanah dapat mempengaruhi tanah dalam menyimpan karbon (Rusdiana dan Lubis, 2012).

5.4 Pembahasan

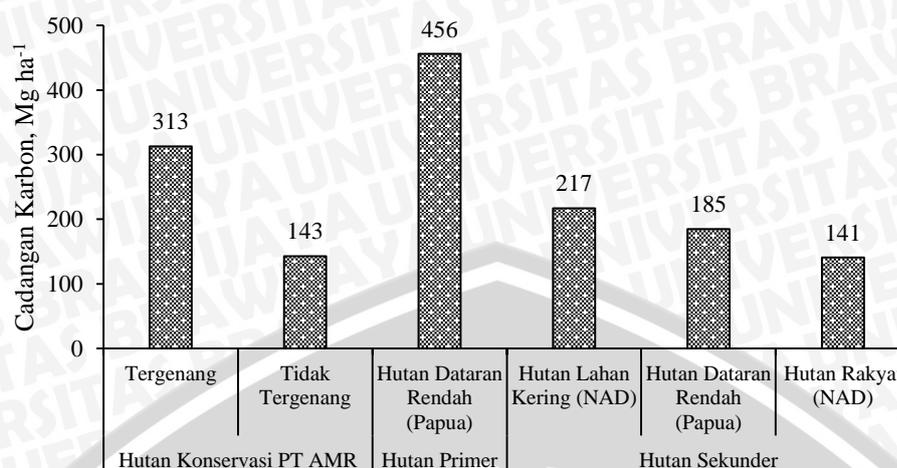
Jumlah besarnya cadangan karbon pada suatu lahan ditentukan oleh kandungan karbon yang terdapat diatas tanah maupun di dalam tanah (Hairiah *et al.*, 2006). Cadangan karbon di atas dan di bawah permukaan tanah ditentukan oleh jenis vegetasi dan penggunaan lahan termasuk di dalamnya pengelolaan seresah, jenis dan sifat fisik tanah, kerapatan dan keragaman tumbuhan.

Hutan konervasi PT AMR memiliki total rata-rata karbon 228 Mg ha⁻¹. Hasil analisis ragam menyebutkan bahwa pengaruh ekosistem berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai cadangan karbon. Besaran nilai cadangan karbon pada ekosistem tergenang 313 Mg ha⁻¹ dan lebih besar dibandingkan dengan ekosistem tidak tergenang 143 Mg ha⁻¹ (Tabel 17).

Tabel 17 Rata-rata total cadangan karbon hutan konservasi PT AMR

No	Jenis Ekosistem	Cadangan Karbon (Mg ha ⁻¹)
1	Tergenang	313
2	Tidak Tergenang	143
Rata-rata		228

Hutan sekunder umumnya memiliki cadangan karbon yang lebih rendah dari hutan primer dataran rendah yakni sebesar 456 Mg ha⁻¹ (Universitas Pattimura, 2013). Nilai potensi karbon di hutan konservasi ini relatif lebih besar bila dibandingkan dengan jumlah karbon pada berbagai jenis hutan sekunder seperti Hutan Sekunder Dataran Rendah Papua (Universitas Pattimura, 2013), Hutan Lahan Kering Aceh (Fauzi *et al.*, 2009) dan Hutan Rakyat Aceh (Fauzi *et al.*, 2009) (Gambar 33).



Gambar 33 Perbandingan cadangan karbon di berbagai tipe hutan

Menurut Markum *et al.*, (2013), nilai cadangan karbon dalam suatu ekosistem bergantung pada jumlah pohon terutama pohon besar berdiameter >60cm atau berumur tua, dan jenis kayu terutama jenis kayu kelas berat. Di hutan konservasi PT AMR, populasi vegetasi didominasi oleh pohon kelas kecil dengan DBH antara 5-30 cm walaupun tingkat kerapatannya tergolong tinggi rata-rata 1431 batang ha⁻¹ (ekosistem tergenang) dan 1129 pohon ha⁻¹ untuk ekosistem tidak tergenang (Gambar 21). Meskipun demikian, pada ekosistem tergenang ditemui pohon dengan diameter >100m yang lebih banyak (45 batang) dibanding dengan ekosistem tidak tergenang 24 batang (Gambar 22) dengan kelas kayu yang relatif lebih berat dari pada di ekosistem tidak tergenang. Dengan demikian, pada ekosistem tergenang menghasilkan biomasa dan karbon terserap lebih besar dari pada ekosistem tidak tergenang.

Selain itu, besarnya nilai cadangan karbon pada ekosistem tergenang tidak diikuti dengan nilai keanekaragaman vegetasi yang tinggi. Kecilnya nilai keanekaragaman pada wilayah tergenang dikarenakan jenis pohon yang ada merupakan jenis yang khas dan hanya dapat tumbuh didaerah tergenang sehingga diversitas vegetasi kecil. Berdasarkan laporan Ishaq (2015), pada wilayah tergenang memiliki nilai indeks keragaman sebesar 1,72, nilai ini jauh berbeda dengan nilai indeks keragaman pada wilayah tidak tergenang sebesar 2,42. Menurut Karo (2011), pada berbagai ekosistem yang berbeda menyimpan jumlah karbon yang berbeda dikarenakan kompleksitas keanekaragaman penyusun ekosistem berbeda pula.

Hutan konservasi PT AMR memiliki luas 700 ha memiliki potensi cadangan karbon sebesar 228 Mg ha⁻¹. Cadangan karbon di hutan ini menyimpan potensi sebesar 50 % dari hutan alami. Hutan alami secara umum memiliki potensi karbon lebih dari 400 Mg ha⁻¹ (Tomich *et al.*, 1998). Dengan demikian dari hasil penelitian ini, dapat diketahui bahwa hutan konservasi PT AMR dapat berperan penting dalam mengurangi pemanasan global dan mengurangi akumulasi gas CO₂ di udara. Potensi dalam menyerap karbon dari hutan konservasi dengan luas hutan 700 ha adalah 159600 Mg ha⁻¹ atau setara dengan 0,160 Mt ha⁻¹. Oleh karena itu, fungsi monitoring untuk melihat perubahan cadangan karbon dan pengawasan perlu dilakukan guna menjaga kelestarian dan fungsi hutan dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan sebagai paru-paru dunia.



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Cadangan karbon rata-rata di hutan konservasi PT Agro Menara Rachmat, Kecamatan Arut Selatan Kabupaten Kotawaringin Barat Provinsi Kalimantan Tengah sebesar 228 Mg ha^{-1} .
2. Nilai cadangan karbon terbanyak terdapat pada wilayah ekosistem tergenang sebesar 313 Mg ha^{-1} atau 55 % ($p < 0,01$) kemudian diikuti wilayah tidak tergenang sebesar 143 Mg ha^{-1} atau 45 %.
3. Kontribusi terbesar *pool* biomasa pohon terbesar pada komponen di atas permukaan tanah (39 %), kemudian diikuti nekromasa (7 %) dan tumbuhan bawah (1 %). Sedangkan cadangan karbon di bawah tanah proporsi *pool* karbon tanah paling besar (44 %) kemudian akar (10 %).
4. Nilai cadangan karbon dikedua ekosistem yang begitu berbeda dipengaruhi oleh jenis lahan dan komposisi vegetasi.

6.2 Saran

1. Perlunya langkah ekstrapolasi cadangan karbon di tingkat plot guna mengetahui fungsi hutan sebagai penyimpan karbon di hutan konservasi PT Agro Menara Rachmat.
2. Kegiatan monitoring dan evaluasi rutin secara berkala (5 tahun sekali) perlu dilakukan sebagai fungsi pengawasan terhadap cadangan karbon di hutan konservasi PT Agro Menara Rachmat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugoho, WC., Suryadiputra., Bambang HS., Labueni S. 2005. Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forest and peatlands in Indonesia. Wetlands International-Indonesia Programe dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Afdal. 2007. Siklus Karbon dan Karbon Dioksida di Atmosfer dan Samudera. Oseana (32) 2 : 29 - 41.
- Agus R dan Rudy S. 2008. Global Warming Mengancam Keselamatan Bumi. Pdf. hiduplebihmulia.wordpress.com
- Amri, AI. 2013. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Hutan Rawa Gambut Menjadi Hutan Tanaman Industri (HTI) *Acacia crassicarpa* Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah Gambut. Jurnal Agrotek Tropika 2 (1) : 17-22
- Anonim. 2015. The Carbon Cycle. <http://www.bgs.ac.uk/discovering-Geology/climate-Change/general/carbonStory.html>. Diakses tanggal 28 Juni 2015.
- Anwar, MK. 2015. Potensi Hutan Konservasi PT Agro Menara Rachmat Sebagai Penyimpan Karbon. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Ariani, AS dan Abdul W. 2011. Biomasa dan Karbon Tumbuhan Bawah sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Lindu. Jurnal Warta Rimba. 2 (1) : 164-170.
- Arifanti, VB., I Wayan SD., dan Donny W. 2014. Potensi Cadangan Karbon Tegakan Hutan Sub Montana di Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Jurnal Penelitian Sosial Ekonomi Kehutanan. 11 (1) : 13-31.
- Australian Greenhouse Office. 1999. National Carbon Accounting System, Methods for Estimating Woody Biomass. Technical Report No. 3, Commonwealth of Australia.
- Bardgett, RD., William DB., Ruediger K. & Steve KS. 2005. A Temporal Approach to Linking Aboveground and Belowground Ecology. Journal of Ecology and Evolution (20) 11 : 634-641.
- Bellona. 2008. How to Combat Global Warming: An Ambitious But Necessary Approach to Reduce Greenhouse Gas Emissions. Prepared by the Bellona Foundation for the CC8 Conference. Oslo. June 5-6 2008.
- Bismark, M., Heriyanto., dan Sofian I. 2008. Biomasa dan Kandungan pada Hutan Produksi di Cagar Biosfer Pulau Siberut, Sumatera Barat. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam 5 (5) : 397-407.
- Brown, S., Gillespie A., & Lugo AE. 1989. Biomass Estimation Methods For Tropical Forests With Applications To Forest Inventory Data. Forest Science 35: 881-902.
- Chapin, FS., Zavaleta, ES., Eviner VT., Naylor RL., Vitousek, PM., Reynolda, HL., Hooper DU., Lavorel S., Sala OE., Hobbie SE., Mack MS., Diaz S., 2000. Consequences Of Changing Biodiversity. Nature. 405 : 234-242.

Chave, J., C. Andalo., S. Brown., M. A. Cairns., J. Q. Chambers., D. Eamus., H. Fölster., F. Fromand., N. Higuchi., T. Kira., J. P. Lescure., B. W. Nelson., H. Ogawa., H. Puig., B. Riéra., dan T. Yamakura. 2005. Tree Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks and Balance in Tropical Forests. *Oecologia* 145 : 87-99.

Christine, RV. 2015. Bumi Makin Panas, Peningkatan Suhu Global Sentuh Rekor pada Maret 2015. [http://www.tribunnews.com/ iptek /2015/04/20 /bumi-makin-panas-peningkatan-suhu-global-sentuh-rekor-pada-maret-2015](http://www.tribunnews.com/iptek/2015/04/20/ bumi-makin-panas-peningkatan-suhu-global-sentuh-rekor-pada-maret-2015). Diakses tanggal 28 Juni 2015.

Dharmawan, I WS dan Chairil AS. 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Hutan dan Konservasi Alam*. 5 (4) : 317-328.

Eglin, T., Christian W., Claude N., Stéphane F., Françoise F., Arnaud L., Hervé S. 2008. Influence of Waterlogging On Carbon Stock Variability At Hillslope Scale In A Beech Forest (Fougères forest – West France). Pdf. www.afs-journal.org.

Fajar, J. 2015. 6 Juta Ton Karbon Terkurangi dari Strategi Pembangunan Berkelanjutan di 8 Kabupaten. Dimana Sajakah?. [http://www.mongabay.co.id /2015/03/02/6 -juta- ton- karbon- terkurangi-dari-strategi- pembangunan- berkelanjutan- di- 8- kabupaten- dimana-sajakah/](http://www.mongabay.co.id/2015/03/02/6-juta-ton-karbon-terkurangi-dari-strategi-pembangunan-berkelanjutan-di-8-kabupaten-dimana-sajakah/). Diakses tanggal 28 Juni 2015.

_____. 2015. IPCC : Kemakmuran Jadi Penyumbang Terbesar Emisi Gas Rumah Kaca Global. [http://www.mongabay.co.id/ 2014/06/13/ipcc-kemakmuran- jadi- penyumbang- terbesar- emisi- gas -rumah- kaca-global/](http://www.mongabay.co.id/2014/06/13/ipcc-kemakmuran-jadi-penyumbang-terbesar-emisi-gas-rumah-kaca-global/). Diakses tanggal 28 Juni 2015.

Fauzi, DD., N. Wijayanto & C. Kusmana. 2011. Kajian Potensi pada Sumberdaya Hutan Gayo Lues. *Jurnal Hutan Masyarakat* (6) 2.

FAO. 2010. Global Forest Resources Assessment (FRA) 2010 Main Report, FAO Forestry Paper 163. Food and Agriculture Organization (FAO) of United Nations. Rome.

FWI. 2003. Potret Keadaan Hutan Indonesia. *Ind Forest Watch Indonesia dan Washington D.C. Global Forest Watch*, Edisi 3. Bogor.

Hairiah, K dan Cahyo P. 2014. Potensi Hutan Konservasi PT Astra Agro Lestari Sebagai Penyimpan Karbon. Proposal.

Hairiah, K dan Utami, SR. 2007. Pengukuran Karbon di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre. ICRAF Outeast Asia.

Hairiah, K., A. Ekadinata., R.R. Sari., S. Rahayu. 2011. Carbon Stock Measurement: From Landuse System to Landscape (in Indonesia). *Word Agroforestry Centre* : 88.

Hairiah, K., S.M. Sitompul., M. Van Noordwijk , dan C. Palm. 2001. Method for Sampling Carbon Stocks Above and Belowground, ASB lecture note 4B. ICRAF. Bogor. <http://www.worldAgroforestry.org>

- Hairiah, K., S. Rahayu dan Berlian. 2006. Coffee-based Agroforestry Community Service: Carbon Stock in Tree Biomass and Soil Organic Matter (case study conducted in Sumberjaya, West Lampung) (in Indonesia) *Agrivita* 28 (3) : 298-309.
- Hanafiah, KA. 2012. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Rajawali Pers: Jakarta.
- Hance, J. 2015. Gawat! 2014 Tercatat sebagai Tahun Terpanas dalam Catatan Sejarah Dunia. <http://www.mongabay.co.id/2015/01/22/gawat-2014-tercatat-sebagai-tahun-terpanas-dalam-catatan-sejarah-dunia/>. Diakses tanggal 28 Juni 2015.
- Heiskanen. 2006. Biomass Ecv Report. Doc. www.fao.org
- Heriansyah, I. 2005. Potensi Hutan Tanaman Industri dalam Mensequester Karbon: Studi Kasus di Hutan Tanaman Akasia dan Pinus. *Inovasi*. XVII (3) : 43-46.
- Hutyra, LR., Byungman Y., dan Maruna A. 2011. Terrestrial Carbon Stocks Across A Gradient of Urbanization: A Study of The Seattle, WA Region. *Global Change Biology* 17 : 783-797.
- Imiliyana, A., Mukhammad, M., dan Hery, P. 2011. Estimasi Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang-Madura. Skripsi. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November.
- Indrajaya, Y. 2013. Cadangan Karbon Hutan Lindung Long Ketrok di Kabupaten Malinau, Kalimantan Timur untuk Mendukung Mekanisme REDD+. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* 10 (2) : 99-109.
- Indriyani, Y. 2011. Pendugaan Simpanan Karbon Di areal Hutan Bekas Tebangan PT Ratah Timber Kalimantan Timur. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- IPCC. 2000. Land Use, Land-Use Change and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge University Press. Cambridge. UK. pp. 337
- _____. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . Cambridge. UK. pp. 350
- _____. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. Cambridge. UK. pp. 461
- _____. 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. pp. 215
- Ishaq, RM. 2015. Potensi Hutan Konservasi PT Astra Agro Lestari dalam Melestarikan Keanekaragaman Vegetasi. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Junaedi, A. 2008. Kontribusi Hutan sebagai Rosot Karbon dioksida. *Jurnal Info Hutan* 5 (1) : 1-7.

- Jeyanny, V., MHA Husni., K Wan Rasidah., B Siva Kumar., A Arifin & M Kamarul Hisham. 2014. Carbon Stocks in Different Carbon Pools of a Tropical Lowland Forest and a Montane Forest with Varying Topography. *Journal of Tropical Forest Science* 26 (4) : 560-571.
- Karo, SBr. 2011. Potensi Karbon Tersimpan pada Tegakan di Taman Hutan Raya Bukit Barisan Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara. Tesis. Sekolah Pascasarjana. USU. Medan.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II : Volume 2 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Proses Industri dan Penggunaan Produk. pp. 1.
- Krisnawati, H., Wahyu CA., Rinaldi I., Silver H. 2014. Penduga Biomasa Hutan untuk Perhitungan Emisi CO₂ di Kalimantan Tengah: Pendekatan Komprehensif dalam Penentuan Faktor Emisi Karbon Hutan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- LAPAN. 2015. Efek Rumah Kaca. <http://komposisi.sains.lapan.go.id/hlm/gasrumahkaca.htm>. Diakses tanggal 28 Juni 2015.
- Lukmanniah, P. 2011. Manfaat Kanopi Pohon dalam Upaya Penyimpanan dan Penyerapan Karbon di Kawasan Perumahan Kota Bogor. Skripsi. FPIPB. Bogor.
- Manuri, S., C.A.S. Putra dan A.D. Saputra. 2011. Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation – GIZ. Palembang.
- Markum, E. Soesilaningsih, D. Suprayogo, K. Hairiah. 2013. Contribution of Agroforestry System in Maintaining Carbon Stocks and Reducing Emission Rate at Jangkok Watershed, Lombok Island. *Agrivita* 35: 54-63.
- Meiviana, A., Diah RS., dan Moekti HS. 2004. Bumi Makin Panas : Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta. pp. 2
- Menhut. 2012. Statistik Kehutanan Indonesia 2012. Jakarta.
- Muhi, AH. 2011. Pemanasan Global (Global Warming). Institut Pemerintahan Dalam Negeri. Jatinangor. Jawa Barat.
- NASA/GISS. 2015. Global Temperature : Global Land-Ocean Temperature Index. <http://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>. Diakses tanggal 28 Juni 2015.
- Ngo, KM., Benjamin LT., Helene CM., Stuart JD., Markku L., Nik FNH., dan Shawn L. 2013. Carbon Stocks In Primary and Secondary Tropical Forests In Singapore. *Forest Ecology and Management* 296 : 81-89.
- Onrizal. 2005. Model Penduga Biomassa dan Karbon Tegakan Hutan Kerangas di Taman Nasional Danau Sentarum, Kalimantan Barat. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor

- Pandey, D. 2012. Carbon Stock of World Heritage Forest Sites. Pdf. UNESCO. <http://whc.unesco.org/>.
- Parmesan, C., dan Yohe G. 2003. A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts Across Natural Systems. 421 (6918) : 37-42.
- Porteous, A. 1992. Dictionary of Environmental Science and Technology, 2nd edition. John Wiley and Sons, New York.
- Prayogo, C. 2014. Pengukuran Cadangan C : Biomassa, Struktur Serta Keragaman Pohon di Areal Konservasi PT Astra Agro Lestari. Proposal.
- Pretince, IC., Farquhar GD., Fasham MJR., Goulden ML., Heimann M., Jaramillo VJ., Khashgi HS., LeQuéré C., Scholes RJ., dan Wallace DWR. 2001. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (2013). Penggunaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomasa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia. Bogor.
- Rahmad, R. 2015. Restorasi Ekosistem dan Emisi Gas Rumah Kaca. <http://www.mongabay.co.id/2015/05/18/restorasi-ekosistem-dan-emisi-gas-rumah-kaca/> . Diakses tanggal 28 Juni 2015.
- Ravindranath, NH dan M. Ostwald. 2008. Carbon Inventory Methods: handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects.
- Rusdiana, O dan Rinal SL. 2012. Pendugaan Korelasi antara Karakteristik Tanah terhadap Cadangan Karbon pada Hutan Sekunder. Jurnal Silvicultura Tropica 3 (1) : 14-21.
- Santoso, DEL. 2011. Makalah Hutan Konservasi. [http:// pengetahuan asli Indonesia. blogspot.com](http://pengetahuan.asliindonesia.blogspot.com). Diakses tanggal 12 Agustus 2014.
- Schmidt, FH., dan Ferguson. 1951. Rainfall Type Based on Wet Status and Yield of Field Grown Grain Sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. J. Agric. Sci. (Cambridge) 110 : 271-277.
- Simamora, J. 2013. Keanekaragaman Pohon dan Pole serta Potensi Karbon Tersimpan di Kawasan Hutan Sekunder 30 Tahun dan Perkebunan Kopi Telagah, Langkat. Skripsi. FMIPA. USU.
- Siregar, CA dan Heriyanto. 2010. Akumulasi Biomasa Karbon pada Skenario Hutan Sekunder di Maribaya, Bogor, Jawa Barat. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam (7) 3 : 215-216.
- Siringoringo, HH. 2013. Potensi Sekuastrasi Karbon Organik Tanah pada Pembangunan Hutan Tanaman *Acacia mangium*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam (10) 2 : 193-213.
- Smart Click. 2011. Global Warming Definition. [https:// www. smartclickenergy. com](https://www.smartclickenergy.com). Diakses tanggal 28 Juni 2015.
- Soerianegara, I dan A Indrawan.1978. Ekologi Hutan Indonesia. Lembaga Kerjasama Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.

- Solomon, S., Karen HR., Robert WP., John SD., Sean MD., Todd JS., Gian-Kasper Plattner. 2010. Contributions of Stratospheric Water Vapor to Decadal Changes in the Rate of Global Warming. *Science journal*. <http://www.sciencemag.org>.
- Soussan, J., B Shestra., dan L Uprety. 1995. *The Social Dynamic of Deforestation : A Case Study From Nepal*. Caterton Hill : Parthenon.
- Sugirahayu, L dan Omo R. 2011. Perbandingan Simpanan Karbon pada Beberapa Penutupan Lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur Berdasarkan Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanahnya. *Jurnal Silvicultura Tropisa* 2 (3) : 149-155.
- Suprihatno, B., Rasoel H., dan Bintal A. 2012. Analisis Biomasa dan Cadangan Karbon Tanaman Bambu Belangke (*Gigantochloa pruriens*). *Jurnal Ilmu Lingkungan* 1 : 83-92.
- Sutaryo, D. 2009. *Perhitungan Biomasa. Sebuah Pengantar untuk studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Suwardi, AB., Erizal M dan Syamsuardi. 2013. Komposisi Jenis dan Cadangan Karbon di Hutan Tropis Dataran Rendah, Ulu Gadut, Sumatera Barat. *Jurnal Berita Biologi* 12 (2) : 169-176.
- Syafii, W. 15 April 2003. Hutan, Sumber Energi Masa Depan. *Harian Kompas*.
- Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan (TPIBLK). 2010. *Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Kementerian Kehutanan. Bogor.
- Tolunay, D. 2011. Total Carbon Stocks and Carbon Accumulation in Living Tree Biomass in Forest Ecosystems of Turkey. *TÜBİTAK* 35: 265-279.
- Tomich, TP., van Noordwijk M., Budidarsono S., Gillison A., Kusumanto T., Murdiyarso D., Stolle F., dan Fagi AM. 1998. *Alternatives to Slash-and-Burn in Indonesia*. Summary Report. ICRAF. Bogor.
- Ulya, NA. 2006. Efisiensi Teknis Keberhasilan Penanaman dalam Pembangunan Hutan Tanaman Industri. *Peronema Forestry Science Journal*. 2 (2) : 45-52.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan. Jakarta.
- Universitas Pattimura. 2013. *Laporan Akhir Pembangunan PSP pada Berbagai Tipe Hutan di Maluku*. Tesis. Progam Studi Manajemen Hutan, Progam Pasca Sarjana Universitas Pattimura. Ambon.
- Weyerhaeuser H dan Tennigkeit T. 2000. *Forest Inventory and Monitoring Manual*. HBSICRAF-CMU. Chiang Mai. pp. 30
- Whitehouse, D. 2013. *The Global Warming Standtill*. The Global Warming Foundation.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Deskripsi pengamatan profil tanah TT1

Klasifikasi : Typic Hapludults, halus, isohipertermik
Nomor Pengamatan Lapangan : MK/RM15001
Lokasi : Delta 02, Kecamatan Arut Selatan, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah
Letak Lintang : 2°21'13,9" LS
Letak Bujur : 111°43'51,1" BT
Lanskap : Dataran Tektonik
Relief-mikro : Bukit Sedang
Lereng : 15 %
Elevasi : 96 m dpl
Curah Hujan tahunan : 1850,56 mm/tahun
Rezim Lemas Tanah : Udic
Kelas Permeabilitas : Cepat
Kelas Drainase : Baik
Penggunaan lahan : Hutan Konservasi
Vegetasi : Hevea brasiliensis
Bahaya Erosi dan Pengendapan : Tidak Ada
Bahan Induk : Batu Liat
Horizon Penciri : Epipedon Okrik dan endopedon Argilik
Deskripsi Oleh : M.K. Anwar; R.M. Ishaq dan W.D. Saputro

O -- 0-17 cm; lembab 7,5 YR 4/4; tekstur liat; kering 7,5 YR 4/4; struktur remah, ukuran sedang dan perkembangan lemah; konsistensi lunak, sangat gembur, agak lekat dan agak plastis; akar halus, banyak; pori kasar, banyak, pH 5.13, batas jelas dan rata

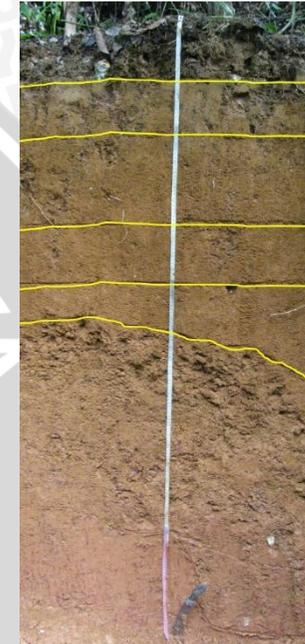
A -- 17-32,3 cm; lembab 7,5 YR 4/4; tekstur liat; kering 7,5 YR 4/4; struktur gumpal membulat, ukuran kasar dan perkembangan kuat; konsistensi keras, teguh, agak lekat dan plastis; akar kasar, biasa; pori sedang, biasa, pH 5.16, batas berangsur dan rata

AB -- 32,3-56,5 cm; lembab 7,5 YR 4/6; tekstur liat; kering 5 YR 5/6; struktur gumpal membulat, ukuran halus dan perkembangan cukup; konsistensi agak keras, gembur, agak lekat dan agak plastis; akar sedang, sedikit; pori sedang, sedikit, pH 5.32, batas berangsur dan rata

Bt1 -- 56,5-73,5 cm; lembab 5 YR 4/6; tekstur liat; kering 5 YR 4/6; struktur gumpal membulat, ukuran amat halus dan perkembangan cukup; konsistensi lunak, gembur, lekat dan agak plastis; akar sedang, sedbng; pori halus, sedikit, pH 5.37, batas berangsur dan rata

Bt2 -- 73,5-88/91 cm; lembab 5 YR 4/6; tekstur liat; warna kering 5 YR 4/6; struktur gumpal membulat, ukuran amat halus dan perkembangan kuat; konsistensi lunak, gembur, lekat dan agak plastis; akar halus, sedang; pori halus, sedikit, pH 5.31, batas nyata dan berombak

BC -- 91-180 cm; lembab 5 YR 4/6; tekstur liat; kering 5 YR 4/6; struktur gumpal membulat, ukuran amat halus dan perkembangan kuat; konsistensi keras, teguh, lekat dan plastis; akar sedang, biasa; pori kasar, banyak, pH 5.59, batas baur dan berombak



No	Kedalaman cm	Tekstur			Kelas	pH		Bahan Organik			P tersedia (P ₂ O ₅)		Basa Dapat Ditukar				Σ Basa	KTK	KB
		Pasir %	Debu %	Liat %		Ekstrak 1 : 5		C %	N %	C/N	Olsen Ppm	Bray ppm	Ca	Mg	K	Na			
						H ₂ O	KCl												
1	0-17	43.6	13.0	43.4	Liat	5.13	3.79	2.54	0.17	15	-	7.5	0.20	0.10	0.08	0.04	0.42	7.12	6
2	17-32,3	31.5	8.6	59.9	Liat	5.16	3.87	1.85	0.15	13	-	4.5	0.14	0.05	0.04	0.02	0.25	7.92	3
3	32,3-56,5	26.1	8.5	65.5	Liat	5.32	4.10	1.32	0.10	13	-	1.4	0.11	0.05	0.03	0.03	0.22	6.33	3
4	56,5-73,5	35.1	8.4	56.6	Liat	5.37	4.25	0.80	0.08	10	-	1.8	0.14	0.04	0.02	0.02	0.22	5.39	4
5	73,5-88/91	33.2	8.4	58.5	Liat	5.31	4.24	0.70	0.07	10	-	3.4	0.11	0.04	0.02	0.03	0.20	5.09	4
6	91-152	31.9	8.3	59.9	Liat	5.59	4.71	0.38	0.03	11	4.6	-	0.07	0.03	0.03	0.03	0.16	4.58	3

Lampiran 2. Deskripsi pengamatan profil tanah TT2

Klasifikasi : Typic Hapludults, halus, isohipertermik
Nomor Pengamatan Lapangan : MK/RM15002
Lokasi : Alpa 038, Kecamatan Arut Selatan, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah
Letak Lintang : 2°21'03,1" LS
Letak Bujur : 111°44'04.3" BT
Lanskap : Dataran Tektonik
Relief-mikro : Datar
Lereng : 0 %
Elevasi : 94 m dpl
Curah Hujan tahunan : 1850,56 mm/tahun
Rezim Lengas Tanah : Udic
Kelas Permeabilitas : Cepat
Kelas Drainase : Baik
Penggunaan lahan : Hutan Konservasi
Vegetasi : *Hevea brasiliensis*
Bahaya Erosi dan Pengendapan : Tidak Ada
Bahan Induk : Batu Liat
Horizon Penciri : Epipedon Okrik & endopedon Argilik
Deskripsi Oleh : M.K. Anwar; R.M. Ishaq dan W.D. Saputro

O -- 0-26 cm; lembab 7,5 YR 3/3; tekstur lempung berliat; kering 7,5 YR 4/3; struktur remah, ukuran amat halus dan perkembangan lemah; konsistensi lepas, sangat gembur, agak lekat dan tidak plastis; akar sedang, banyak; pori kasar, banyak, pH 4.39, batas jelas dan rata

A -- 26-49 cm; lembab 7,5 YR 4/4; tekstur liat; kering 7,5 YR 4/4; struktur gumpal membulat, ukuran amat halus dan perkembangan lemah; konsistensi lunak, gembur, agak lekat dan tidak plastis; akar sedang, biasa; pori halus, banyak, pH 4.65, batas berangsur dan rata

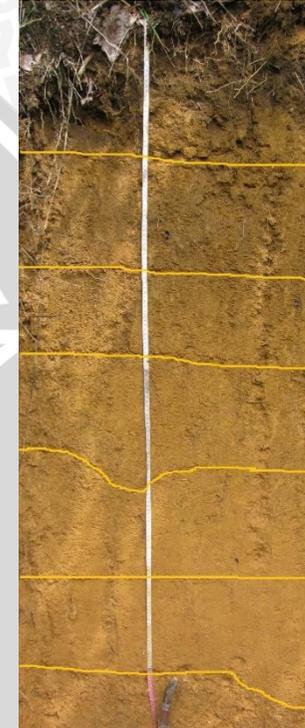
BA -- 49-67 cm; lembab 7,5 YR 4/6; tekstur liat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal membulat, ukuran amat halus dan perkembangan cukup; konsistensi agak keras, teguh, agak lekat dan plastis; akar halus, sedikit; pori halus, sedikit, pH 4.68, batas baur dan rata

Bt1 -- 67-97 cm; lembab 7,5 YR 4/6; tekstur liat; kering 7,5 YR 5/6; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan kuat; konsistensi keras, teguh, agak lekat dan plastis; akar sedang, sedikit; pori halus, sedikit, pH 4.82, batas baur dan rata

Bt2 -- 97-122/130 cm; lembab 7,5 YR 4/4; tekstur liat; kering 7,5 YR 5/6; struktur gumpal membulat, ukuran halus dan perkembangan kuat; konsistensi keras, teguh, agak lekat dan plastis; akar sedang, sedikit; pori halus, sedikit, pH 4.90, batas baur dan rata

Bt3 -- 130-150 cm; lembab 7,5 YR 4/4; tekstur liat; kering 7,5 YR 5/6; struktur gumpal membulat, ukuran amat halus dan perkembangan kuat; konsistensi keras, teguh, lekat dan plastis; akar halus, sedikit; pori halus, sedikit, pH 4.94, batas baur dan rata

BC -- 150-180 cm; lembab 7,5 YR 4/6; tekstur liat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal membulat, ukuran kasar dan perkembangan kuat; konsistensi sangat keras, sangat teguh, lekat dan plastis; akar halus, sedikit; pori kasar, sedikit, pH 5.06, batas nyata dan berombak



No	Kedalaman cm	Tekstur			Kelas	pH		Bahan Organik			P tersedia (P ₂ O ₅)		Basa Dapat Ditukar				Σ Basa	KTK	KB
		Pasir	Debu	Liat		Ekstrak 1 : 5		C	N	C/N	Olsen	Bray	Ca	Mg	K	Na			
		%	%	%		H ₂ O	KCl	%	%		ppm	ppm	cmol/kg						
1	0-26	43.7	16.4	39.9	Lempung berliat	4.39	3.57	5.83	0.36	16	-	7.6	0.36	0.30	0.10	0.02	0.78	15.83	5
2	26-49	35.6	12.9	51.5	Liat	4.65	3.94	1.94	0.13	15	-	6.8	0.06	0.10	0.03	0.00	0.19	7.90	2
3	49-67	24.0	14.8	61.2	Liat	4.68	3.99	1.25	0.08	15	-	3.3	0.07	0.07	0.02	0.01	0.17	6.52	3
4	67-97	20.6	10.4	68.9	Liat	4.82	4.06	0.79	0.06	12	-	4.4	0.10	0.07	0.02	0.01	0.20	5.42	4
5	97-122/130	18.7	12.5	68.8	Liat	4.90	4.24	0.64	0.06	12	-	5.1	0.13	0.12	0.05	0.01	0.31	4.85	6
6	130-150	14.9	12.4	72.6	Liat	4.94	4.36	0.41	0.04	9	-	3.7	0.05	0.24	0.03	0.02	0.34	5.51	6
7	150-180	29.7	6.2	64.1	Liat	5.06	4.62	0.49	0.04	11	-	3.5	0.12	0.15	0.04	0.05	0.36	4.54	8

Lampiran 3. Deskripsi pengamatan profil tanah TT3

Klasifikasi : Typic Plinthaquits, lempung, isohipertermik
Nomor Pengamatan Lapangan : MK/RM15003
Lokasi : Alpa 009, Kecamatan Arut Selatan, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah
Letak Lintang : 2°20'08,5" LS
Letak Bujur : 111°44'56,3" BT
Lanskap : Dataran Tektonik
Relief-mikro : Berombak
Lereng : 40 %
Elevasi : 18 m dpl
Curah Hujan tahunan : 1850,56 mm/tahun
Rezim Lemas Tanah : Udic
Kelas Permeabilitas : Cepat
Kelas Drainase : Agak Cepat
Penggunaan lahan : Hutan Konservasi
Vegetasi :
Bahaya Erosi dan Pengendapan : Tidak Ada
Bahan Induk : Batu Liat
Horizon Penciri : Epipedon Umbrik & endopedon Argilik
Deskripsi Oleh : M.K. Anwar; R.M. Ishaq dan W.D. Saputro

O -- 0-12 cm; lembab 10 YR 3/3; tekstur lempung; kering 10 YR 5/3; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan lemah; konsistensi lepas, gembur, agak lekat dan tidak plastis; akar kasar, banyak; pori sedang, sedikit, pH 4.56, batas berangsur dan rata

OA -- 12-19,5/49 cm; lembab 7,5 YR 4/4; tekstur lempung; kering 7,5 YR 5/4; struktur gumpal membulat, ukuran halus dan perkembangan cukup; konsistensi lunak, sangat gembur, lekat dan agak plastis; akar kasar, banyak; pori sedang, sedikit, pH 4.78, batas jelas dan berombak

A -- 49-42/63 cm; lembab 7,5 YR 4/6; tekstur liat; kering 7,5 YR 6/4; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; konsistensi agak keras, teguh, lekat dan agak plastis; akar sedang, banyak; pH 5.51, batas baur dan berombak

BA -- 63-65/76 cm; lembab 7,5 YR 5/6; tekstur lempung berliat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal bersudut, ukuran kasar dan perkembangan kuat; konsistensi agak keras, teguh, lekat dan plastis; akar sedang, biasa; pH 4.97, batas jelas dan berombak

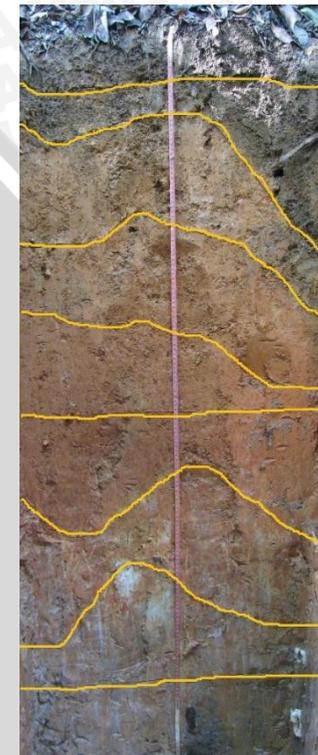
Bh1 -- 76--82 cm; lembab 7,5 YR 5/6; tekstur lempung; kering 5 YR 4/6; struktur gumpal bersudut, ukuran kasar dan perkembangan kuat; konsistensi agak keras, teguh, lekat dan plastis; akar sedang, sedikit; pH 5.00, batas baur dan rata

Bh2 -- 82-95/110 cm; lembab 5 YR 5/6; tekstur lempung liat berpasir; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal bersudut, ukuran kasar dan perkembangan kuat; konsistensi agak keras, teguh, sangat lekat dan plastis; pH 5.01, batas nyata dan berombak

Bg -- 110-120/132 cm; lembab 5 YR 5/6; teksur lempung berliat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal membulat, ukuran kasar dan perkembangan kuat; konsistensi keras, sangat teguh, sangat lekat dan plastis; pH 4.96, batas berangsur dan berombak

Bgv -- 132-146 cm; lembab 5 YR 4/6; teksur lempung berliat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal membulat, ukuran sangat kasar dan perkembangan kuat; konsistensi keras, sangat teguh, sangat lekat dan sangat plastis; pH 4.95, batas baur dan rata

BC -- 146-180 cm; lembab 5 YR 4/6; teksur lempung berliat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal bersudut, ukuran sangat kasar dan perkembangan kuat; konsistensi keras, sangat teguh, sangat lekat dan sangat plastis; akar halus, sedikit, pH 4.89, batas baur dan rata



No	Kedalaman cm	Tekstur			Kelas	pH		Bahan Organik			P tersedia (P ₂ O ₅)		Basa Dapat Ditukar					Σ Basa	KTK	KB
		Pasir	Debu	Liat		Ekstrak 1 : 5		C	N	C/N	Olsen	Bray	Ca	Mg	K	Na				
		%	%	%		H ₂ O	KCl	%	%		ppm	Ppm	cmol/kg							
1	0-12	40.1	47.1	12.8	Lempung	4.56	3.45	2.35	0.18	13	-	11.1	0.23	0.25	0.16	0.10	0.74	10.69	7	
2	12-19,5/49	35.2	43.9	20.9	Lempung	4.78	3.52	1.43	0.11	13	-	5.1	0.06	0.10	0.09	0.01	0.26	8.17	3	
3	49-42/63	19.7	226.8	53.5	Liat	5.51	4.10	0.43	0.04	11	41.0	-	0.10	0.05	0.05	0.02	0.22	4.70	5	
4	63-65/76	26.5	36.7	36.7	Lempung berliat	4.97	3.59	0.32	0.04	8	-	4.4	0.04	0.10	0.07	0.03	0.24	6.15	4	
5	76--82	28.5	45.0	26.6	Lempung	5.00	3.56	0.33	0.03	8	-	3.4	0.01	0.08	0.03	0.00	0.12	6.69	2	
6	82-95/110	59.1	8.2	32.7	Lempung liat berpasir	5.01	3.54	0.34	0.03	10	-	1.4	0.01	0.08	0.03	0.03	0.15	7.14	2	
7	110-120/132	26.8	36.6	36.6	Lempung berliat	4.96	3.56	0.23	0.03	7	-	4.4	0.13	0.07	0.04	0.06	0.30	6.47	5	
8	132-146	22.7	42.7	34.6	Lempung berliat	4.95	3.54	0.20	0.03	7	-	4.6	0.01	0.05	0.03	0.08	0.17	6.52	3	
9	146-180	24.9	40.6	34.5	Lempung berliat	4.89	3.53	0.24	0.03	8	-	6.2	0.01	0.09	0.04	0.08	0.22	7.16	3	

Lampiran 4. Deskripsi pengamatan profil tanah TT4

Klasifikasi : Typic Plinthaquils, halus, isohipertermik
Nomor Pengamatan Lapangan : MK/RM15004
Lokasi : Alpa 007, Kecamatan Arut Selatan, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah
Letak Lintang : 2°19'58,1" LS
Letak Bujur : 111°44'49,4" BT
Lanskap : Dataran Tektonik
Relief-mikro : Bukit Sedang
Lereng : 40 %
Elevasi : 19 m dpl
Curah Hujan tahunan : 1850,56 mm/tahun
Rezim Lengas Tanah : Udic
Kelas Permeabilitas : Cepat
Kelas Drainase : Agak Cepat
Penggunaan lahan : Hutan Konservasi
Vegetasi : *Macaranga sp.* & *Artocarpus sp.*
Bahaya Erosi dan Pengendapan : Tidak Ada
Bahan Induk : Batu Liat
Horizon Penciri : Epipedon Umbrik & endopedon Argilik
Deskripsi Oleh : M.K. Anwar; R.M. Ishaq dan W.D. Saputro

O -- 0-10 cm; lembab 10 YR 3/3; tekstur lempung berpasir; kering 10 YR 4/3; struktur remah, ukuran halus dan perkembangan lemah; konsistensi lunak, gembur, agak lekat dan tidak plastis; akar sangat kasar, banyak; pori kasar, banyak, pH4.76, batas berangsur dan rata

OA -- 10-17 cm; lembab 10 YR 3/4; tekstur lempung berliat; kering 10 YR 4/3; struktur gumpal membulat, ukuran halus dan perkembangan lemah; konsistensi lunak, gembur, lekat dan agak plastis; akar sangat kasar, banyak; pori halus, banyak, pH 5,05, batas jelas dan rata

A -- 17-36 cm; lembab 7,5 YR 4/6; tekstur liat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; konsistensi keras, teguh, lekat dan agak plastis; akar sangat kasar, banyak; pori halus, banyak, pH 5.10, batas jelas dan rata

AB -- 36-61/67 cm; lembab 7,5 YR 4/6; tekstur liat; kering 7,5 YR 4/6; struktur gumpal bersudut, ukuran halus dan perkembangan cukup; konsistensi keras, teguh, lekat dan plastis; akar kasar, biasa; pori kasar, banyak, pH 5.14, batas berangsur dan rata

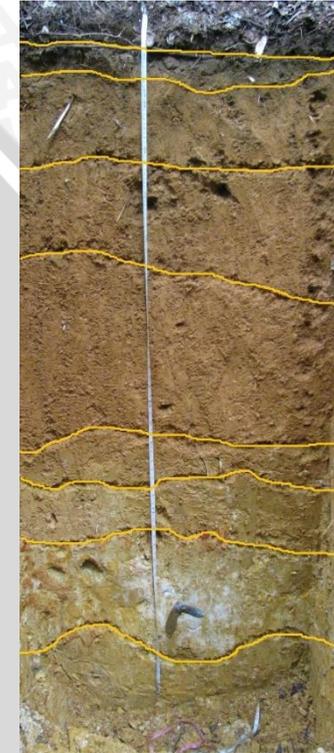
Bt1 -- 67-104 cm; lembab 5 YR 4/6; tekstur liat; kering 5 YR 4/6; struktur gumpal bersudut, ukuran sedang dan perkembangan kuat; konsistensi keras, teguh, lekat dan plastis; akar sangat kasar, biasa; pH 5.36, batas jelas dan rata

Bt2 -- 104-115 cm; lembab 7,5 YR 5/6; tekstur lempung berliat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal bersudut, ukuran halus dan perkembangan kuat; konsistensi keras, teguh, lekat dan sangat plastis; akar sangat kasar, biasa; pori halus, sedikit; pH 4.99, batas berangsur dan rata

Bt3 -- 115-131/141 cm; lembab 7,5 YR 5/6; tekstur liat; kering 7,5 YR 6/6; struktur gumpal membulat, ukuran halus dan perkembangan kuat; konsistensi keras, sangat teguh, sangat lekat dan plastis; akar sangat kasar, biasa; pori kasar, sedikit; pH 5.49, batas baur dan rata

Btv -- 141-163/176 cm; lembab 7,5 YR 6/6; tekstur lempung berliat; kering 7,5 YR 7/6; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan kuat; konsistensi keras, sangat teguh, sangat lekat dan plastis; akar sangat kasar, banyak; pori kasar, sedikit; pH 5.18, batas baur dan berombak

BC -- 176-180 cm; lembab 10 YR 6/6; tekstur lempung berliat; kering 10 YR 7/6; struktur gumpal bersudut, ukuran sedang dan perkembangan kuat; konsistensi agak keras, teguh, lekat dan plastis; akar sangat kasar, biasa; pori kasar, sedikit; pH 5.32, batas baur dan rata



No	Kedalaman cm	Tekstur			Kelas	pH		Bahan Organik			P tersedia (P ₂ O ₅)		Basa Dapat Ditukar					Σ Basa	KTK	KB
		Pasir	Debu	Liat		Ekstrak 1 : 5	C	N	C/N	Olsen	Bray	Ca	Mg	K	Na					
		%	%	%												H ₂ O	KCl			
1	0-10	54.2	29.8	16.0	Lempung berpasir	4.76	3.71	4.96	0.36	14	-	12.3	0.36	0.22	0.19	0.04	0.81	16.14	5	
2	10-17	37.6	32.3	30.1	Lempung berliat	5.05	3.88	2.44	0.18	14	-	5.5	0.10	0.06	0.04	0.05	0.25	7.95	3	
3	17-36	26.7	29.3	44.0	Liat	5.10	3.88	1.26	0.10	12	-	6.2	0.09	0.08	0.07	0.05	0.29	9.12	3	
4	36-61/67	21.3	26.9	51.8	Liat	5.14	3.86	0.80	0.07	11	-	6.9	0.05	0.07	0.03	0.06	0.21	5.78	4	
5	67-104	19.5	24.8	55.7	Liat	5.36	3.95	0.62	0.05	11	-	4.6	0.05	0.05	0.05	0.03	0.18	5.32	3	
6	104-115	30.1	41.1	28.8	Lempung berliat	4.99	3.60	0.63	0.06	11	-	12.1	0.09	0.09	0.03	0.03	0.24	6.16	4	
7	115-131/141	17.9	32.8	49.2	Liat	5.49	4.09	0.36	0.03	13	-	2.1	0.11	0.03	0.01	0.03	0.18	4.47	4	
8	141-163/176	28.5	32.7	38.8	Lempung berliat	5.18	3.90	0.18	0.02	10	-	4.7	0.09	0.07	0.03	0.05	0.24	5.37	4	
9	176-180	30.4	38.9	30.7	Lempung berliat	5.32	3.86	0.11	0.01	10	-	2.6	0.18	0.31	0.04	0.12	0.65	6.12	11	

Lampiran 5 a. Hasil Uji ANOVA perhitungan cadangan karbon di hutan konservasi PT AMR

Sumber keragaman	Total Karbon	C Pool Pohon	C Pool Tumbuhan Bawah	C Pool Nekromasa	C Pool Akar	C Pool Tanah
Ekosistem	≤.001	0.009	0.015	≤.001	0.009	≤.001
Ekosistem (Subekosistem)	0.022	0.012	0.139	0.238	0.012	0.125

Lampiran 5 b. Hasil Uji DMRT perhitungan cadangan karbon di hutan konservasi PT AMR

Ekosistem	Subekosistem	Total Karbon	C Pool Pohon	C Pool Tumbuhan Bawah	C Pool Nekromasa	C Pool Seresah	C Pool Tanah
Tergenang	Sb	201.6 abcd	1.842 ab	0.5633 bc	1.5681 d	30.07 ab	2.027 bc
Tergenang	Ch	305.6 ef	2.585 c	0.2400 ab	0.9434 abc	21.67 c	1.974 abc
Tergenang	Be	335.9 f	2.485 c	0.6188 a	1.4432 cd	25.07 c	2.187 c
Tergenang	Px	333.0 ef	2.258 bc	0.5196 bc	1.0554 bcd	29.57 bc	2.308 c
Tidak Tergenang	Sw1	107.1 ab	1.98 ab	0.7466 bc	0.4493 a	13.90 ab	1.674 a
Tidak Tergenang	Hb	217.6 bde	2.312 bc	0.7725 c	0.5219 a	12.38 bc	2.001 abc
Tidak Tergenang	Sw2	82.80 a	1.633 a	0.0174 bc	0.7999 a	12.40 a	1.727 ab
Tidak Tergenang	Mg	109.2 abc	1.979 ab	0.4093 abc	0.8050 ab	14.97 ab	1.727 ab

Angka yang bernotasi sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut Duncan pada taraf 5 %

