NERACA KARBON PRA DAN POST HTI DI BLOK KHUSUS KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN TASIK BESAR SERKAP RIAU

Carbon Balance on Pre and Post of Industrial Forest Plantation in Specific Block of Forest Management Unit of Tasik Besar Serkap Riau

Ari Suharto[a], Dodik Ridho Nurrochmat[b], Tania June[c]

[a] *Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 —ari.suharto@gmail.com*

[b] *Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680*

[c] *Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680*

Abstract. *In 2012, Indonesia greenhouse gases emission from all sectors including land use change in forestry (LUCF), energy, peat fire, waste, agriculture and industry was 1,453,957,000 Ton CO_2e. Objective of this study focus on how much natural forest can generate CO_2 absorpsion from tree growth and its emission from peat decomposition and how much Industrial Forest Plantation (HTI) generate CO_2 absorpsion from tree growth and their emission from peat decomposition when land clearing and harvesting, its operational activities particularly on transportation and N addition by synthentic fertilizer. The study was conducted in the 14,546 hectares of specific block of forest management unit of Tasik Besar Serkap, Riau Province since May 2015 until June 2016. Result on this study, carbon stock from natural secondary forest is 61,417,315 ton CO_2e, carbon emission from secondary natural forest is 276,814 ton CO_2e, carbon stock from Industrial Forest Plantation is 18,321,886 ton CO_2e, meanwhile CO_2 emission is 14,568,891 ton CO_2e,. The difference between absorption and emission between the two conditions indicate that HTI has a margin smaller than the secondary natural forest. However CO_2 absorpsion of tree growth in HTI give a positive value to the surrounding environment. This study concluded that the existence of HTI management in the absorption of carbon content in a period of 20 years has not reached the level of carbon content owned secondary natural forest. Even the emissions caused by HTI management is much higher than the emissions that occur due to degradation of secondary forests.*

Keyword: carbon emission, carbon stock, industrial forest plantation, synthetic N fertilizer, transportation.

(Diterima: 20-07-2016; Disetujui: 15-08-2016)

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Menurut *Indonesia first biennial update report* (KLHK, 2015) bahwa pada tahun 2012, total emisi Gas Rumah Kaca (GRK) untuk tiga gas utama (CO_2, CH_4 dan N_2O) di luar sektor penggunaan lahan dan perubahan fungsi lahan dan kehutanan (LULUCF) dan kebakaran gambut adalah 758.979.000 Ton CO_2e. Bila termasuk sektor LULUCF, maka total emisi GRK Indonesia menjadi 1.453.957.000 Ton CO_2e. Total emisi GRK (CO_2 *equivalent*) terdistribusi pada CO_2 84,1%, CH4 11,9% dan N_2O 4,1%. Sektor utama yang berkontribusi adalah LUCF termasuk kebakaran gambut (47,8%), diikuti energi (34,9%), pertanian (7,8%), limbah (6.7%) dan industri (2,8%).

Selama ini peran sektor swasta khususnya berbasis lahan seperti HTI belum dimunculkan dalam pelaporan Nasional Komunikasi Indonesia kepada UNFCCC sebagai salah satu pihak untuk mitigasi perubahan iklim. Hak ini merujuk kepada *Indonesian First Biennial Update Report* (KLHK, 2015). Penekanan terhadap peran HTI dalam rangka penanaman pohon sebagai salah satu bentuk upaya mitigasi perubahan iklim perlu mendapat perhatian lebih dari Pemerintah.

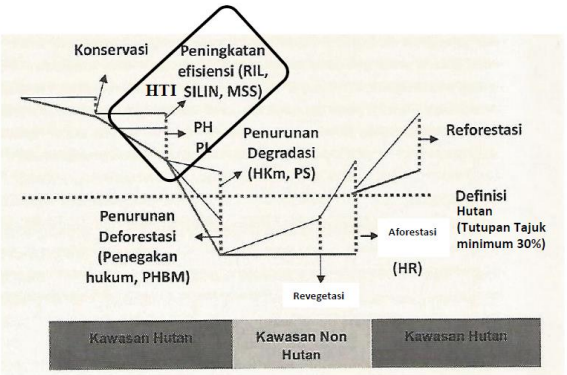
Peran penting sektor kehutanan terlihat pada RPJM 2010-2014 yang menempatkan prioritas pembangunan sektor kehutanan pada rencana strategis lingkungan hidup dan pencegahan bencana terkait dengan mitigasi perubahan iklim (Yasman *et al.,* 2013). Terkait upaya mitigasi untuk mengurangi emisi GRK dari kegiatan perubahan penggunaan lahan dan kehutanan ada berbagai cara yang dapat dilakukan negara maupun pengusaha di sektor lahan seperti pemegang izin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu - hutan tanaman (IUPHHK-HT) atau yang lazim disebut sebagai hutan tanaman industri (HTI).

Menurut Direktur Jenderal Bina Usaha Kehutanan Kementerian Kehutanan Bambang Hendroyono mengatakan "tidak tepat jika HTI dinyatakan sebagai penyebab deforestasi karena itu dibangun hanya di kawasan hutan yang berfungsi produksi yang berdasarkan ketentuan perundang-undangan bisa dioptimalkan pemanfaatannya. Pengembangan HTI juga tetap harus sesuai tata ruang fungsi arealnya sehingga tetap bisa mempertahankan wilayah perlindungan keanekeragaman hayati dan budaya. Sektor kehutanan Indonesia butuh pengembangan

HTI. Pasalnya, produktivitas hutan alam saat ini terus merosot. Pengembangan HTI juga berkorelasi positif dengan pengentasan kemiskinan, mendorong pertumbuhan ekonomi dan memperbaiki hutan yang terdegradasi. Jadi HTI ini *pro poor, pro job, pro growth, dan pro environment*"[1]. Hal ini sejalan dengan Yasman *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa dari sifat pengelolaannya, karbon di areal hutan produksi akan naik turun karena aktivitas penebangan dan pertumbuhan tanaman di areal itu. Bila dibandingkan dengan karbon pada saat hutan tersebut belum dikelola, pasti mengalami penurunan. Namun dengan penerapan pengelolaan hutan lestari/berkelanjutan maka penurunan stok karbon tersebut dapat ditekan dan dijaga, sehingga kawasan tersebut akan tetap selalu produktif.

Selama ini masih terdapat kerancuan definisi deforestasi dan degradasi yang didiskusikan oleh berbagai pemerhati kehutanan nasional dan internasional sebagai batasan arti hutan yang masih baik, kurang baik dan buruk. Menurut Yasman *et al.* (2013) bahwa deforestasi didefinisikan sebagai perubahan secara permanen dari areal berhutan menjadi tidak berhutan yang diakibatkan oleh kegiatan manusia, sedangkan degradasi hutan merupakan penurunan kualitas tutupan hutan dan stok karbon selama periode tertentu yang diakibatkan oleh kegiatan manusia. Hal ini sesuai dengan pandangan Nurrochmat *et al*. (2016) bahwa hal terpenting dalam reposisi peran pengelolaan hutan dalam kerangka pembangunan nasional berkelanjutan adalah menetapkan definisi hutan. Definisi hutan yang jelas dan operasional sangat penting karena akan mempengaruhi berbagai tolak ukur kinerja pengelolaan hutan seperti menetapkan batasan deforestasi dan degradasi hutan secara kuantitatif (Gambar 1). Penelitian ini mengacu definisi hutan sesuai dengan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 14 Tahun 2004 Pasal 1 yang menyatakan bahwa hutan dalam kerangka Mekanisme Pembangunan Bersih (MPB) ialah lahan yang luasnya minimal 0,25 ha dan ditumbuhi oleh pohon dengan persentasi penutupan tajuk minimal 30% yang pada akhir pertumbuhan mencapai ketinggian minimal 5 meter.

Gambar 1 menjelaskan bahwa bahwa definisi hutan dengan tutupan tajuk minimal 30%. Ketika hutan sekunder tidak terkelola dengan baik dan tidak termanfaatkan kondisi tutupan tajuknya akan terus menurun hingga mendekati batas definisi hutan (terjadi degradasi atau bahkan deforestasi). Namun dengan adanya sistem peningkatan efisiensi dan pengelolaan hutan produksi lestari yang dilakukan pada HTI maka kondisi tutupan tajuk akan membaik. Namun bila hal tersebut tidak dilakukan maka kondisi tutupan tajuk terus menurun yang bisa menyebabkan degradasi atau bahkan deforestasi. Ketika deforestasi terjadi maka perlu ada revegetasi dan aforestasi untuk memperbaiki areal tersebut untuk memenuhi batas minimal definisi hutan, dan bahkan perlu melakukan reforestasi untuk meningkatkan tutupan tajuk dan melebihi batas minimal definisi hutan.



Sumber: Nurrochmat *et al*. (2016)
Keterangan: *insert* kotak dan tulisan HTI oleh penulis
Gambar 1. Kegiatan kehutanan dan dinamika karbon hutan.

KPH Tasik Besar Serkap (KPH TBS, 2014) adalah Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi (KPHP) Model Tasik Besar Serkap yang dibentuk berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan No 509/Menhut-VII/2010 pada tanggal 21 September 2010 berada di dalam Kawasan Hutan Produksi Tasik Besar Serkap Propinsi Riau. Kebijakan pembentukan KPH ini tertuang dalam Undang-Undang Kehutanan No 41 Tahun 1999 dalam pasal 17 ayat 1 yang diuraikan bahwa pembentukan wilayah pengelolaan hutan dilaksanakan untuk tingkat Provinsi, Kabupaten/Kota dan Unit Pengelolaan (Kesatuan PengelolaanHutan). Di dalam KPH TBS tersebut ada 17 pemegang izin IUPHHK-HT (HTI yang beroperasi).

Menurut KPH TBS (2014) bahwa Pemerintah Provinsi Riau melalui Peraturan Daerah (PERDA) tahun 1994 mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi (RTRWP) – Riau menetapkan kawasan ini sebagai Hutan Lindung Gambut (HLG). Penetapan kawasan ini sebagai HLG sesuai dengan Keputusan Presiden (KEPRES) No.32 tahun 1990 tentang pengelolaan kawasan lindung.

Keadaan topografi pada sebagian besar areal KPH TBS relatif datar (kemiringan 0 – 8 %) dengan ketinggian 6 – 20 mdpl. Kondisi lahan hampir 100% meliputi dataran rawa gambut yang terbentuk dari endapan aluvium muda dan tua yang terdiri dari endapan pasir, danau, lempung, sisa tumbuhan dan gambut (KPH TBS, 2014).

Berdasarkan data KPH TBS (2014) tentang penggolongan jenis tanah, areal KPH TBS didominasi oleh tanah organosol/gambut dan sebagian kecil berupa tanah aluvial dan podsolik. Tanah organosol sering disebut tanah gambut yang mengandung banyak bahan organik tanah sehingga perkembangan tanah dipengaruhi oleh tingkat kematangan, dekomposisi dan sifat-sifat bahan organik yang bersangkutan. Secara morfologis, tanah ini dicirikan oleh pembentukan horizon-horizon yang berwarna coklat kelam sampai hitam, berkadar air tinggi dan bereaksi sangat masam (pH 3-5). Secara umum

[1] http://www.beritasatu.com/nasional/108307-hutan-tanaman-industri-tak-sebabkan-deforestasi.html

gambut yang terdapat di Kawasan Semenanjung Kampar merupakan tipe ombrogen dan terbentuk dari penimbunan sisa-sisa tumbuhan baik berupa batang, daun, akar dan bagian tumbuhan lainnya. Kondisi lingkungan yang selalu terendam air mengakibatkan proses pelapukan tidak berjalan dengan baik sehingga terjadi penimbunan bahan organik berupa material gambut. Pada kondisi demikian, secara alami penimbunan bahan organik lebih cepat dari proses dekomposisi, sehingga terbentuklah timbunan material gambut yang membentuk kubah di bagian tengah. Hal ini sejalan dengan pengamatan (FMU/REDD+KIJP, 2016) yang menunjukkan tingkat kematangan gambut lapisan atas (0-50 cm) adalah hemosaprik dan saprik, sedangkan pada lapisan bawah adalah fibrik dan hemik.

Penelitian ini memusatkan perhatian pada kandungan dan emisi karbon dari kondisi hutan alam sekunder dan kondisi setelahnya bila diasumsikan areal tersebut akan dikonversi menjadi HTI. Kandungan karbon pada hutan alam sekunder yang mengalami degradasi fokus pada penyerapan karbon pada saat pertumbuhan tanaman sedangkan emisi karbon fokus pada dekomposisi gambut yang terjadi akibat degradasi hutan. Kandungan karbon bila diasumsikan areal tersebut menjadi HTI pulp dengan jenis tanaman pokok *acacia crassicarpa* dan tanaman kehidupan sagu terfokus pada penyerapan karbon pada saat pertumbuhan tanaman sedangkan emisi karbon fokus pada dekomposisi gambut akibat pembukaan lahan dan pemanenan, serta dari penggunaan pupuk N sintetis dan bahan bakar transportasi pada masa operasionalisasi.

Sumbangan penelitian terhadap terhadap peningkatan ilmu pengetahuan yaitu bahwa kandungan karbon dari semula hutan alam sekunder akan berkurang seiring dengan laju degradasi, namun ketika dikonversi menjadi HTI juga mampu menyerap karbon dengan pola pengelolaan hutan produksi lestari yang menggunakan sistem silvikultur tebang habis permulaan buaatan (THPB) yaitu ketika penggunaan pola daur 7 tahun, maka setiap blok yang akan ditanam mengikuti pola tanam blok jalur sesuai dengan rencana kerja usaha tahunan (RKT).

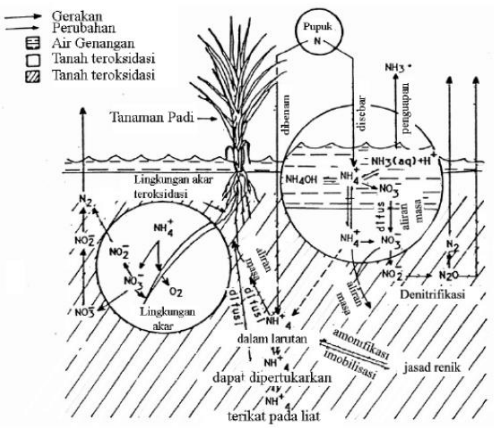
Kaitan penggunaan pupuk dan emisi gas rumah kaca dapat dijelaskan dari data global bahwa penggunaan pupuk N terhadap aktivitas pengelolaan lahan akan menyebabkan Gas N_2O di atmosfer bertambah 0,2 - 0,3% per tahun. Sedangkan di Indonesia (KLH 2012), N_20 menyumbang 4% dari emisi CO_2e nasional. Berdasarkan nilai yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* pada tahun 2014 bahwa angka potensial pemanasan global yang dimiliki N_2O senilai 298 kali lipat dibandingkan dengan CO_2.

Gambar 2 menunjukkan dengan adanya perlakuan penggenangan didapat gradasi lapisan pada profil tanahnya yaitu lapisan oksidatif yang tipis di bawah genangan air lalu diikuti lapisan reduktif yang tebal di bawahnya. Apabila pupuk nitrogen diaplikasikan kedalam lapisan reduktif, denitrifikasi bisa dihambat. Namun kebocoran sistem berupa sebagian pupuk nitrogen berada di lapisan oksidatif segera ternitrifikasi menjadi nitrat yang mobil, kemudian nitrat yang mobil mencapai lapisan reduktif dan mengalami denitrifikasi. Transformasi N melalui proses denitrifikasi sangat dipengaruhi oleh pH, pada kondisi netral hasil akhir berupa N_2 sedangkan pada kondisi masam maupun denitrifikasi oleh denitrifier yang tidak mempunyai enzim N_2O reduktase akan mengemisikan N_2O (Suprihatin, 2007).

Sesuai Keputusan Menteri Pertanian Nomor 237/Kpts/OT.210/4/2003 Tanggal 28 April 2003 tentang Pedoman Pengawasan Pengadaan, Peredaran dan dan Penggunaan Pupuk An-organik bahwa jenisi pupuk yang diawasi peredarannya seperti pupuk an-organik hara makro primer baik tunggal maupun majemuk seperti: Urea, TSP/SP-36, ZA, KCI, NP, NK, PK dan NPK; dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2001 tentang Pupuk Budidaya Tanaman. Sedangkan utuk penggunaan bahan bakar diatur dalam Peraturan Menteri ESDM No 1 tahun 2013 tentang Pengendalian Bahan Bakar Minyak dan PP Nomor 1 tahun 1994 tentang penyediaan pendistribusian bahan bakar minyak.

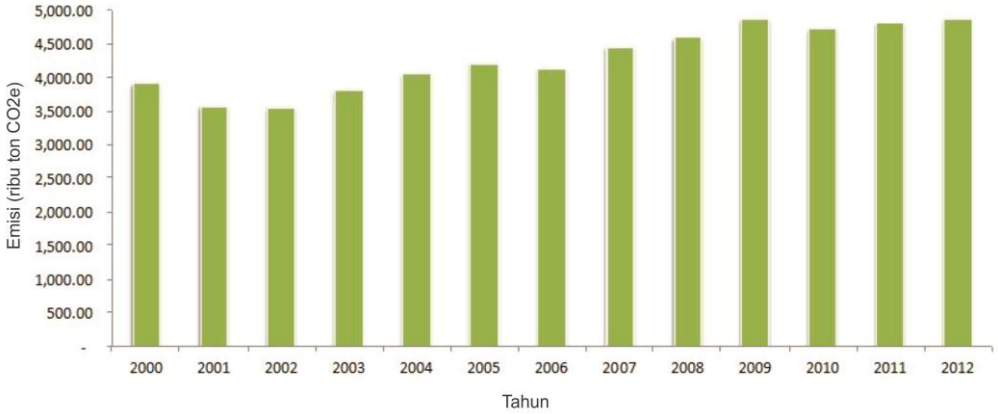
Penggunaan pupuk urea selama masa pemeliharaan tanaman akan menyebabkan hilangnya CO_2 yang sebelumnya telah dipadatkan selama proses produksi di pabrik. Urea berubah menjadi ammonium (NH_{2+}), hydroxyl (OH-) dan bikarbonat (HCO_{2-}), di dalam air dan enzim urease. Sama halnya dengan reaksi tanah terhadap pemberian kapur, bikarbonat berubah menjadi CO2 dan air. Data KLHK (2015) menyebutkan penggunaan pupuk sejak tahun 2000-2012 berasal dari data pemakaian pupuk di dalam pasar domestik dari Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia (APPI). Selain itu, penggunaan urea diperkirakan dari perkebunan kelapa sawit (di luar perkebunan skala kecil) dengan membuat perkalian dengan dosis urea yang direkomendasikan.

Gambar 2 menunjukkan emisi CO_2e dari penggunaan pupuk urea di sektor pertanian yang berjumlah 3.900.000 Ton CO_2e pada tahun 2000 dan 4.853.000 Ton CO_2e pada tahun 2012. Peningkatan emisi dalam penambahan urea diikuti peningkatan produksi tanaman pangan khususnya padi, dimana areal sawah yang dipanen dikembangkan secara konsisten dari tahun ke tahun.



Sumber: De Data (1981) *dalam* Suprihatin (2007)

Gambar 2. Transformasi nitrogen.



Sumber: KLHK (2015)

Gambar 3. Emisi CO_2 dari penggunaan pupuk secara nasional pada tahun 2000-2012

Emisi CO_2e dari penggunaan pupuk ini berdasarkan data produksi pupuk secara nasional, sedangkan untuk penggunaan yang spesifik berada pada lokasi perusahaan belum dimasukkan. Oleh karena itu, penelitian ini ingin menunjukkan berapa besar emisi yang dikeluarkan dari penggunaan pupuk pada areal lokasi HTI pulp lahan gambut dengan jenis tanaman *acacia crassicarpa*.

Mengenai penggunaan bahan bakar diatur dalam Peraturan Menteri ESDM No 1 tahun 2013 tentang Pengendalian Bahan Bakar Minyak dan PP Nomor 1 tahun 1994 tentang penyediaan pendistribusian bahan bakar minyak. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral sekitar 31% dari konsumsi energi nasional pada tahun 2008 digunakan untuk sektor transportasi (KLH, 2010) (Tabel 1).

Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar untuk transportasi ini dihitung berdasarkan penggunaan angkutan umum dan pribadi, sedangkan untuk penggunaan yang spesifik berada pada lokasi perusahaan belum dimasukkan. Oleh karena itu, penelitian ini ingin menunjukkan berapa besar emisi yang dikeluarkan dari penggunaan transportasi pada areal lokasi HTI. Pada umumnya di perusahaan HTI menggunakan bahan bakar bensin dan solar untuk transportasi kendaraan dari kantor ke lahan dalam masa pembukaan lahan, penanaman, pemeliharaan dan pemanenan.

Tabel 1. Konsumsi Energi berdasarkan tipe kegiatan

Sektor	Produk Minyak	LPG	Gas Alam	Batubara	Listrik	Total	%
Industri	49	1	89	160	29	328	48
Transportasi	191	-	0	-	0	191	31
Rumah Tangga	40	14	0	-	31	85	13
Komersial	7	1	0	-	19	28	4
Lainnya	25	-	-	-	-	25	5
Total	312	16	90	160	79	657	100

Sumber: KLH (2010)

Terkait penelitian sebelumnya mengenai hubungan penggunaan pupuk dengan emisi karbon dinyatakan dalam penelitian Sakata *et al.,* (2014) bahwa emisi N_2O dan CO_2 di perkebunan kelapa sawit dipengaruhi secara signifikan oleh jenis tanah namun tidak selalu dipengaruhi oleh pemberian pupuk. Sedangkan hubungan penggunaan bahan bakar dengan emisi karbon dinyatakan dalam penelitian Andres *et al.,* (2012) bahwa emisi CO_2 dari bahan bakar meningkat dari tahun ke tahun disebabkan karena kegiatan pembangkitan listrik dan transportasi di jalan. Hal ini disebabkan emisi antropogenik adalah salah satu penyebab utama perubahan iklim dan proses dari percabangan antara lingkungan dan kehidupan manusia.

Dari hasil penelitian tersebut dapat dinyatakan bahwa memang ada hubungan antara penggunaan pupuk dan bahan bakar namun belum spesifik berada di lokasi hutan tanaman industri. Oleh karena itu penelitian sangat menantang untuk ditelusuri lebih lanjut.

1.2. Perumusan Masalah

Selama 10 tahun terakhir telah banyak terjadi konversi hutan rawa gambut menjadi perkebunan kelapa sawitdan kayu kertas/pulp. Penebangan yang tidak berkelanjutan dan pertanian diperkirakan telah merusak lahan gambut. Dengan demikian, lahan gambut yang masih tersisa akan terancam keberadaannya untuk dikonversi menjadi perkebunan maupun hutan tanamanindustri (Rochmayanto, 2009). Indonesia dan beberapa negara lain di daerah tropis, terutama Malaysia, Papua New Guinea dan Brunei Darussalam, selain mempunyai tanahmineral (kering) juga mempunyai tanah gambut (Histosols). Tanah gambut menyimpan karbon jauh lebih besar dari pada tanah-tanah mineral.Jumlahnya bisa lebih dari sepuluh kali lipat karbon yang tersimpan pada tanah kering, tergantung dari ketebalan lapisan tanah gambut tersebut. Semakin tebal lapisan gambut maka semakin besar cadangan karbon di dalam tanah (Agus *et al*., 2011).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti mengungkapkan rumusan pertanyaan penelitian ini, yaitu:

1. Berapa serapan dan emisi karbon pada kondisi pra HTI di Blok Khusus KPH Tasik Besar Serkap Riau?
2. Berapa serapan dan emisi karbon pada kondisi post HTI di Blok Khusus KPH Tasik Besar Serkap Riau?
3. Bagaimana neraca karbon pada kondisi pra dan post di Blok Khusus KPH Tasik Besar Serkap Riau?

1.3. Tujuan Penelitian

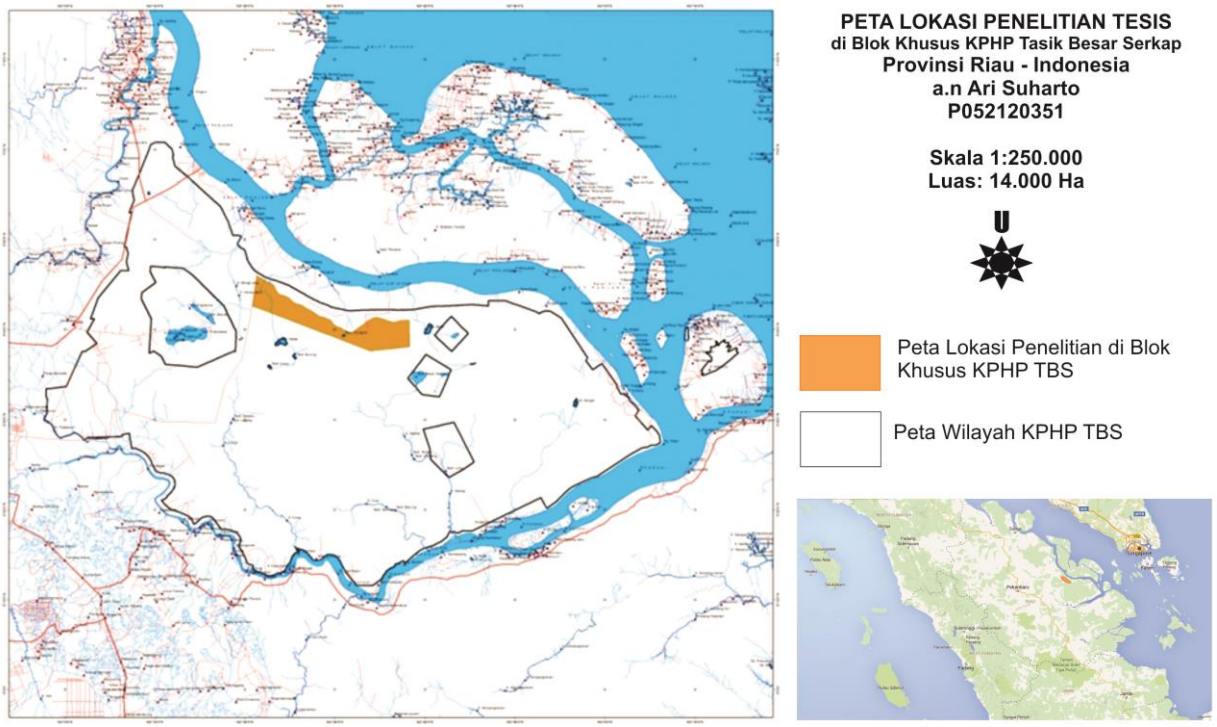
Berdasarkan pertanyaan penelitian tersebut, maka peneliti menjelaskan tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis kandungan karbon tegakan di atas tanah dan emisi karbon dari dekomposisi gambut pada kondisi pra HTI di Blok Khusus KPH Tasik Besar Serkap Riau selama 20 tahun.
2. Menganalisis kandungan karbon tegakan di atas tanah dan emisi karbon dari dekomposisi gambut, penggunaan pupuk N sintetis dan bahan bakar transportasi pada kondisi post HTI di Blok Khusus KPH Tasik Besar Serkap Riau selama 20 tahun.
3. Menganalisis neraca karbon pada kondisi pra dan post HTI di Blok Khusus KPH Tasik Besar Serkap Riau selama 20 tahun.

2. Metode penelitian

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Blok khusus Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi Tasik Besar Serkap (KPHP TBS) di Provinsi Riau (Gambar 4). Waktu penelitian dilaksanakan mulai dari bulan Mei 2015 - Juni 2016.



Gambar 4. Lokasi Penelitian.

2.2. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan peralatan baik dalam bentuk perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) komputer. Peralatan tersebut yaitu laptop, kamera digital dan Microsoft Office. Penjelasan lebih lanjut mengenai kesesuaian dengan tujuan, data, sumber dan metode/analisis yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 2.

2.3. Metode pengumpulan dan analisis data

Data terkait kandungan karbon pada hutan alam sekunder HTI diperoleh dari data sekunder dari hasil kegiatan FMU/REDD+ KIJP dimana peneliti ikut terlibat di dalamnya. Data terkait karbon HTI diperoleh dari data sekunder dimana tidak dilakukan pengukuran data di lapangan. Data laju degradasai hutan berdasarkan data sekunder yaitu analisa citra pada kegiatan FMU/REDD+ KIJP berlangsung. Data penggunaan pupuk dan bahan bakar diperoleh dari PT RAPP dimana salah satu stafnya dapat memberikan ke peneliti.

Tabel 2. Tujuan, data, sumber dan metode/analisis penelitian

Tujuan	Data	Sumber	Metode/Analisis
Menjawab tujuan 1 dan 3 yaitu kandungan karbon hutan alam sekunder	*Stock Factor* hutan alam sekunder	Sekunder Data diperoleh dari kegiatan FMU/REDD+ KIJP (2016). Peneliti juga terlibat dalam pengambilan data di lapangan.	Kandungan karbon (CO_2e) dianalisa dengan membuat perkalian antara *stock factor* dengan luas lahan hutan sekunder mengikuti laju degradasi tiap tahun
Menjawab tujuan 1 dan 3 yaitu kandungan karbon hutan alam sekunder	Laju degradasi hutan alam sekunder	Sekunder Data diperoleh melalui analisis citra kegiatan FMU/REDD+ KIJP (2016) yaitu 67,83 ha/tahun	Laju pembukaan hutan alam sekunder dianalisis dengan hasil analisis citra
Menjawab tujuan 1 dan 3 yaitu emisi karbon hutan alam sekunder	Dekomposisi gambut hutan alam sekunder	Sekunder Faktor Emisi diperoleh dari IPCC 2014 Wetland Supplement 5.3 x 44/12 = 19,4 ton CO_2e/ha/tahun	Emisi karbon (dalam satuan CO_2) dianalisa dengan membuat perkalian antara faktor emisi dengan luas laju degradasi lahan hutan sekunder
Menjawab tujuan 2 dan 3 yaitu kandungan karbon HTI	*Stock Factor* HTI	Sekunder Data diperoleh dari Rochmayanto (2009). Tidak dilakukan pengukuran di HTI sekitar lokasi penelitian	Kandungan karbon (dalam satuan CO_2) dianalisa dengan membuat perkalian antara *stock factor* dengan luas HTI sesuai dengan tata laksana pola tanam.
Menjawab tujuan 2 dan 3 yaitu kandungan karbon HTI	Dekomposisi gambut HTI	Sekunder Faktor Emisi diperoleh dari IPCC 2014 Wetland Supplement 20 x 44/12 = 73.4 ton CO_2e/ha/tahun	Emisi karbon (dalam satuan CO_2) dianalisa dengan membuat perkalian antara faktor emisi dengan luas laju degradasi lahan hutan sekunder
Menjawab tujuan 2 dan 3 yaitu emisi karbon HTI	Penggunaan pupuk oleh HTI	Sekunder Data diperoleh dari PT RAPP	Emisi karbon (dalam satuan CO_2) dianalisa dengan membuat perkalian antara jumlah penggunaan pupuk dengan faktor emisi lokal
Menjawab tujuan 2 dan 3 yaitu emisi karbon HTI	Penggunaan bahan bakar untuk transportasi oleh HTI	Sekunder Data diperoleh dari PT RAPP	Emisi karbon (dalam satuan CO_2) dianalisa dengan membuat perkalian antara jumlah penggunaan penggunaan bahan bakar dengan faktor emisi dari Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC, 2006)

a. Kandungan karbon

Untuk menganalisis kandungan CO_2 dari volume tegakan tanaman rata-rata dari kondisi hutan alam sekunder didapatkan dengan pendekatan data sekunder yang diperoleh kegiatan FMU/REDD+KIJP pada tahun 2016. Kandungan karbon yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah menggunakan metode pengambilan data non-destruktif sampling serta untuk perhitungan menggunakan metode alometrik biomassa yang dikeluarkan oleh Murdiyarso pada tahun 2004 yaitu W = Bj 0,19 $(D)^{2,37}$ dengan fraksi biomassa menjadi karbon yaitu sebesar 0,47 (W adalah biomassa, Bj adalah berat jenis dan D adalah diameter pohon). Data *stock factor* hutan alam sekunder tersaji pada Tabel 3.

Di sisi lain angka *stock factor* hutan tanaman industri berdasar penelitian Rochmayanto (2009) untuk tanaman jenis *acacia crassicarpa* pada umur tanaman 1-5 tahun berturut-turut yaitu 4,59; 14,34; 25,72; 28,18; 39,51 Ton C/ha, sedangkan untuk umur tanaman 6-7 tahun diperoleh dari hasil regresi oleh penulis yaitu 47,57 dan 55,94 Ton C/ha.

2.3.2 Emisi karbon dari dekomposisi gambut

Penelitian ini menggunakan faktor emisi dekomposisi gambut dari IPCC *wetland supplement* pada tahun 2014. Emisi dari degradasi hutan alam sekunder dan pembukaan lahan hutan alam sekunder menjadi HTI menggunakan angka emisi faktor 19,4 Ton CO_2e/ha/tahun. Emisi dari kegiatan pemanenan hutan tanaman industri pulp lahan gambut jenis tanaman *acacia crassicarpa* menggunakan emisi faktor 73,4 ton CO_2e/ha/tahun.

Tabel 3. *Stock factor* hutan alam sekunder

Tutupan lahan	Areal (Ha)	Proporsi strata yang bervegetasi	Bagian dari strata yang mungkin jadi HTI (ha)	Rasio areal strata per strata yang mungkin jadi HTI (ha)	AGB tree stock factor (tC/ha)
Hutan dengan tutupan lahan sangat rendah	879.31	0.06	615.52	0.06	29.06
Hutan dengan tutupan lahan rendah	4,563.98	0.31	3,194.79	0.31	56.38
Hutan dengan tutupan sedang	6,573.87	0.45	4,601.71	0.45	59.02
Hutan dengan tutupan rapat	2,529.03	0.17	1,770.32	0.17	82.94
Total areal yang bervegetasi	14,546.19				
Areal yang akan dikelola sebagai HTI (tanaman pokok)	10,182.33				
Stock carbon factor (Rata-0rata bobot)					60.54

Sumber: FMU/REDD+ KIJP (2016)

b. Emisi karbon dari penggunaan pupuk

Untuk mendapatkan faktor emisi (FE) pupuk didapat dari penggunaan data yang didapat di lokasi penelitian, sedangkan FE untuk bahan bakar tidak ada data ketelitian tinggi yang ada di Indonesia (Tier 3),

maka dapat digunakan data IPCC yang berada pada level data ketelitian rendah (Tier 1).

Untuk menganalisis emisi CO_2 data maka data yang telah terkumpul akan dimasukkan dalam persamaan umum untuk pendugaan emisi CO_2 (KLH 2012).

E= FE x DA

Keterangan:
E = Emisi (dalam satuan ton CO_2)
FE = Faktor emisi yang menunjukkan besarnya emisi per satuan unit kegiatan yang dilakukan
DA = Data aktivitas yaitu data kegiatan pembangunan atau aktivitas manusia yang menghasilkan emisi

Untuk mendapatkan FE pupuk didapat dari penggunaan data yang didapat di lokasi penelitian, sedangkan FE untuk bahan bakar bila tidak ada data ketelitian tinggi yang ada di Indonesia (Tier 3), maka dapat digunakan data IPCC yang berada pada level data ketelitian rendah (Tier 1).

c. Emisi dari penggunaan bahan bakar transportasi

$E_{fc} = FUEL_a \times EF_a$
$FUEL\ a = LITERS_{fuel,a} \times DENSITY_{fuel,a} \times NCV_{fuel,a} \times 10^{-3}$
Keterangan:

E_{FC}	:	Emisi CO_2e akibat konsumsi bahan bakar untuk transportasi; t CO_2e
$Fuel_a$	:	Energi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar jenis *a*; TJ
EF_a	:	Faktor Emisi bahan bakar jenis *a*; tCO_2e /TJ
A	:	1,2,3,... jenis bahan bakar
$Liters_{Fuel,a}$	:	Jumlah bahan bakar jenis *a* yang dihunakan; liter
$Density_{Fuel,a}$	:	Berat jenis bahan bakar tipe *a*; kg/liter
$NCV_{Fuel,a}$	:	*Net Calorific Value* bahan bakar tipe *a*; TJ/Gg

Umumnya, bahan bakar yang digunakan dalam transportasi HTI adalah bensin (*gasoline*) dan solar (*diesel oil*).

Tabel 4. *Default value* EF IPCC untuk bahan bakar

Jenis bahan bakar	Berat jenis		NCV (TJ/Gg)	Faktor emisi*[2] (t CO_2/TJ)
	Kg/liter	Liter/ton		
Bensin	0.7407	1350	44.3	69.3
Solar	0.8439	1185	43.0	74.1

Faktor emisi bensin berkisar antara 67,5 -73 dan solar berkisar antara 72,6-74,8. Kelemahan dari default value yang dikeluarkan oleh IPCC ini adalah pada tingkat ketelitian yang masih pada tahap Tier1. Tier 1 artinya level kedetilan suatu data masih menggunakan data global. Hal ini dimungkinkan karena ketersediaan data faktor emisi bahan bakar secara nasional belum ada. Jika data nasional sudah ada maka level kedetilan menjadi Tier 2 dengan tingkat ketelitian dan keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Tier 1. Selain itu penggunaan, tier 1 ini tidak membedakan jenis kendaraan, apakah menggunakan roda 2, roda 3, roda 4 dan seterusnya bahkan penggunaan perahu juga tidak dibedakan. Pendekatan tier 1 dalam penelitian ini hanya melihat penggunaan bahan bakar tanpa melihat jenis kendaraan.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Kandungan karbon dari hutan alam sekunder di blok khusus KPHP Model Tasik Besar Serkap

Gambar 5 menjelaskan bahwa pada tahun ke-1 luas hutan alam sekunder telah mengalami degradasi seluas 67,83 ha yang semula 14.546,19 ha menjadi 14.478,36 ha. Kandungan karbon pada tahun ke-1 tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara *stock factor* 60,54 ton C/ha dengan luas hutan alam sekunder pada tahun ke-1, sehingga diperoleh kandungan karbon sebesar 866.519 Ton C atau sebesar 3.213.906 Ton CO_2e. Kemudian pada tahun ke-20 luas hutan alam telah mengalami degrdasi terus menerus dengan laju degradasi per tahun 67,83 ha, maka sisa luas areal hutan alam sekunder adalah 13.189,59 ha. Kandungan karbon pada tahun ke-20 diperoleh dari hasil perkalian antara *stock factor* 60,54 ton C/ha, sehingga diperoleh 798.497 Ton C atau 2.927.875 ton CO_2e.

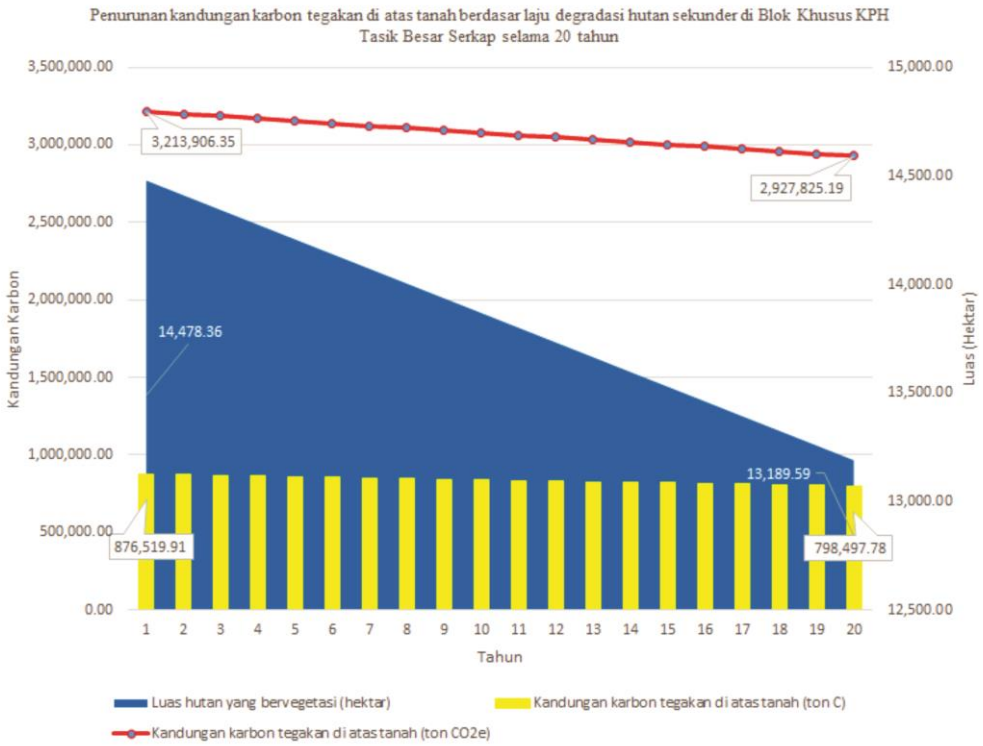
3.2. Emisi karbon dari hutan alam sekunder di Blok Khusus KPHP Model Tasik Besar Serkap

Gambar 6 menjelaskan bahwa pada tahun ke-1 luas hutan alam sekunder telah mengalami degradasi seluas 67,83 ha yang semula 14.546,19 ha menjadi 14.478,36 ha. Emisi karbon pada tahun ke-1 tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara faktor emisi dekomposisi gambut 19,43 ton CO_2e/ha/tahun dengan luas hutan alam sekunder pada tahun ke-1, sehingga diperoleh emisi karbon sebesar 1.318,16 Ton CO_2e. Kemudian pada tahun ke-20 luas hutan alam telah mengalami degrdasi terus menerus dengan laju degradasi per tahun 67,83 ha, maka sisa luas areal hutan alam sekunder adalah 13.189,59 ha dengan total luas lahan yang telah terdegradasi 1.356,6 ha. Emisi karbon pada tahun ke-20 diperoleh dari hasil perkalian antara faktor emisi dekomposisi gambut 19,43 ton CO_2e/ha/tahun dengan luas hutan yang tersisa, sehingga diperoleh 26.363 ton CO_2e.

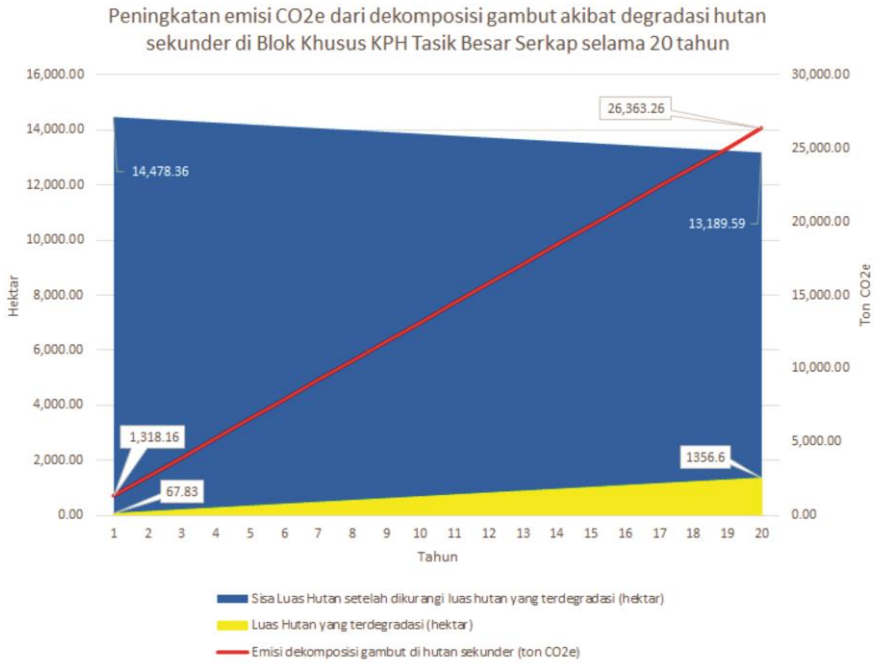
[2] Dalam nilai faktor emisi ini, diasumsikan nilai oksidasi adalah 1

3.3. Kandungan CO_2 dari perusahaan hutan tanaman industri pulp lahan gambut di sekitar blok khusus KPHP Model Tasik Besar Serkap

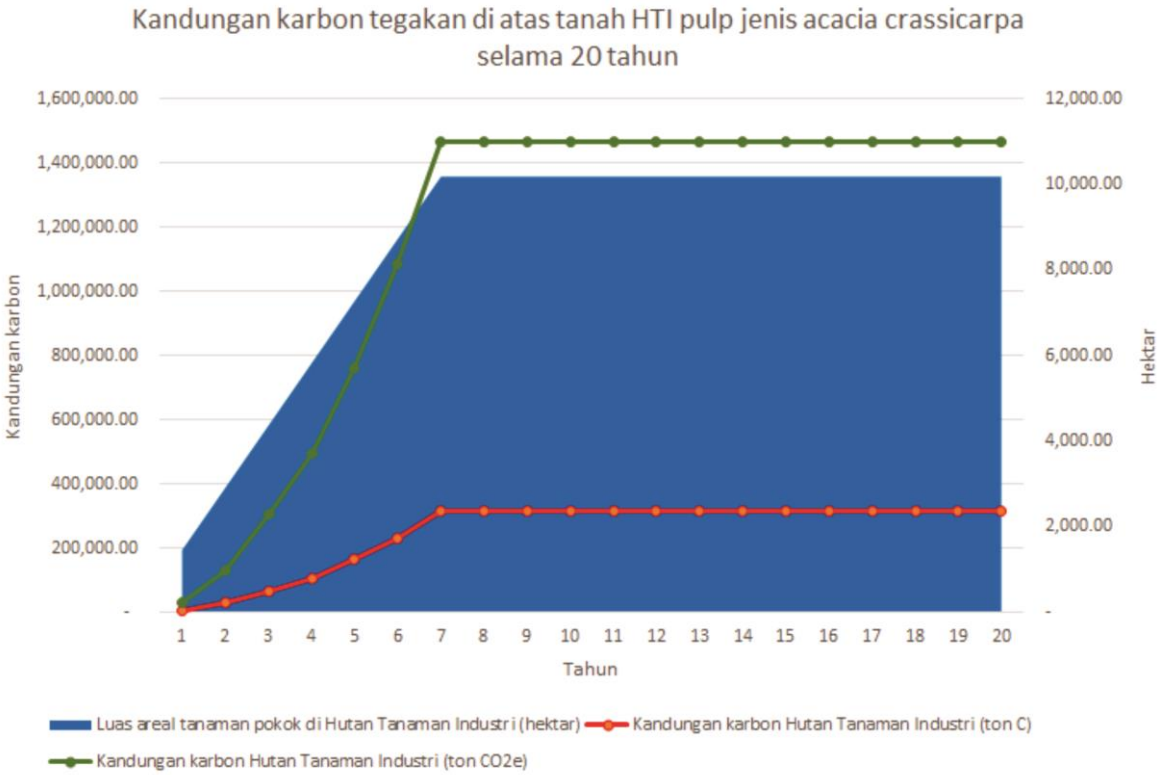
Gambar 7 menjelaskan bahwa pada tahun ke-1 luas hutan tanaman industri yang telah ditanam adalah 1.454 ha. Kandungan karbon pada tahun ke-1 tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara *stock factor* HTI dengan luas hutan tanaman industry yang tertanam pada tahun ke-1, sehingga diperoleh kandungan karbon sebesar 24.481 Ton CO_2e. Kemudian pada tahun ke-7 hingga ke-20 luas hutan tanaman industri yang tertanam adalah 10.182 ha. Kandungan karbon pada tahun ke-7 hingga tahun ke-20 diperoleh dari hasil perkalian antara *stock factor* HTI dengan luas hutan tanaman industri yang telah tertanam, sehingga diperoleh 1.151.268 ton CO_2e. Kandungan karbon tahun ke-7 hingga tahun ke-20 stabil sejalan dengan pola rencana usaha HTI.



Gambar 5. Kandungan karbon pada hutan alam sekunder.



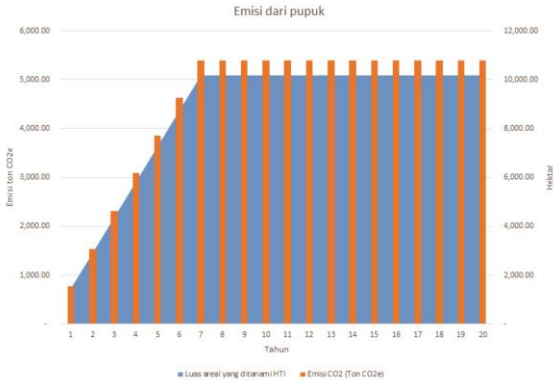
Gambar 6. Emisi karbon pada hutan alam sekunder.



Gambar 7. Kandungan karbon pada hutan tanaman industri acacia crassicarpa.

3.4. Emisi CO2 dari penggunaan pupuk sintetis

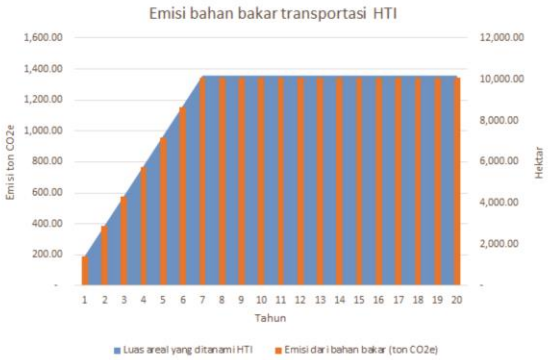
Gambar 8 menunjukkan bahwa di dalam perhitungan ini faktor emisi menggunakan faktor emisi lokal yaitu 0,53 t CO_2/ha/tahun dan data aktivitas menggunakan data luas area yang direncanakan untuk ditanami tanaman HTI. Penelitian ini menggunakan asumsi daur 7 tahun untuk siklus penebangan tanaman. Dari formula tersebut didapat hasil emisi CO_2 dari penggunaan pupuk sintetis selama 20 tahun dengan daur tanaman selama 7 tahun, artinya pada akhir tahun ke-7 tanaman akan mulai dipanen sebagaimana tata laksana rencana kerja usaha HTI pulp. Pada tahun ke-7 hingga ke-20 jumlah emisi CO_2 yang dihasilkan adalah stabil karena tata lakasana pola tanam HTI telah berjalan stabil, termasuk pada saat masa pemeliharaan untuk pemupukan tanaman.



Gambar 8. Emisi karbon dari penggunaan pupuk.

3.5. Emisi CO2 dari penggunaan bahan bakar transportasi

Sesuai dengan tata laksana rencana kerja usaha HTI bahwa aktivitas di lapangan semakin meningkat pada tahun ke-1 hingga tahun ke-7 sehingga menyebabkan emisi bahan bakar juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Kemudian operasionalisasi HTI sudah mulai stabil sejak tahun ke-7 hingga tahun ke-20 sehingga menyebabkan emisi dari penggunaan bahan bakar transportasi yang dikeluarkan juga stabil yaitu sekitar 1100 ton CO_2e per tahun (Gambar 9).



Gambar 9. Emisi karbon dari penggunaan bahan bakar transportasi.

3.6. Emisi dekomposisi gambut di areal HTI akibat pembukaan lahan dan pemanenan

Penelitian ini menghitung emisi di arel hutan tanamn industri dari sumber dekomposisi gambut akibat akivitas pembukaan lahan hutan alam sekunder menjadi areal HTI dan pada saat pemanenan di setiap umur tanamn 7 tahun. Total emisi dekomposisi gambut adalah 14.568.891 ton CO_2e dengan rata-rata per tahun 728.444 ton CO2e.

3.7. Neraca karbon pra dan post HTI di Blok Khusus KPH Tasik Besar Serkap

Penelitian ini membahas kondisi karbon sebelum adanya hutan tanaman industri yang masih berbentuk hutan alam sekunder dan setelah adanya hutan tanaman industri selama 20 tahun. Neraca karbon digambarkan dari kandungan CO_2 dan Emisi CO_2 dari masing-masing kondisi tersebut. Kandungan karbon pada hutan alam sekunder yaitu 61.417.315 ton CO_2e dan emisi CO_2 pada hutan alam sekunder adalah 276.814 ton CO_2e. Kandungan karbon hutan tanaman industri yaitu 18.321.886 ton CO_2e dan emisi karbon dari hutan tanaman industri yaitu 14.568.891 ton CO_2e.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian sebagaimana telah dibahas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Selama 20 tahun kandungan karbon dari areal hutan alam sekunder di blok khusus KPHP Model Tasik Besar Serkap adalah 61.417.315 ton sedangkan emisi karbon dari areal hutan alam sekunder adalah di blok khusus KPHP Model Tasik Besar Serkap adalah 276.814 ton CO_2e.
2. Selama 20 tahun kandungan karbon dari areal hutan tanaman industri pulp lahan gambut adalah 18.321.886 ton CO_2e, sedangkan emisi karbon areal hutan tanaman industri pulp lahan gambut adalah 14.568.891 ton CO_2e. Emisi ini timbul akibat dekomposisi gambut pada saat pembukaan lahan, pemanenan dan penggunaan pupuk dan bahan bakar transportasi sejak pembukaan lahan hingga pemanenan.
3. Dalam luas 14.546 hektar areal bervegetasi di Blok Khusus KPh Tasik Besar Serkap telah terjadi neraca karbon selama 20 tahun sejak areal tersebut masih berupa hutan alam sekunder hingga diasumsikan menjadi hutan tanaman industri pulp lahan gambut. Selama 20 tahun terlihat bahwa kandungan karbon di areal tersebut mengalami perubahan, dimana kandungan karbon hutan sekunder mengalami penurunan terus menerus akibat laju degradasi hutan disertai dengan emisi dari dekomposisi gambut yang terjadi. Di sisi lain, hutan tanaman industri juga mampu menyerap kandungan karbon dengan intensitas meningkat sejak tahun ke 7-20 seiring dengan laju penanaman sesuai rencana usaha. Emisi dari hutan tanaman industri juga terjadi disebabkan dekomposisi gambut pada saat pembukaan lahan dan pemanenan serta penggunaan pupuk dan bahan bakar transportasi. Untuk areal tanaman kehidupan, baik kandungan karbon dan emisinya tidak signifikan. Untuk areal kawasan lindung, kandungan karbon akan selalu terjaga sehingga tidak terjadi emisi akibat dekomposisi gambut dan kandungan karbonnya akan stabil sejak tahun ke-1-20. Penelitian ini menyimpulkan bahwa keberadaan pengelolaan HTI dalam penyerapan kandungan karbon pada jangka waktu 20 tahun belum mencapai tingkat kandungan karbon yang dimiliki hutan alam sekunder. Bahkan emisi yang terjadi akibat pengelolaan HTI jauh lebih tinggi dibandingkan dengan emisi yang terjadi akibat degradasi hutan sekunder.

Daftar pustaka

[1] [FMU/REDD+KIJP] Forest Management Unit/Reduction Emission from Forest Deforestation and Degradation Korea Indonesia Joint Project, 2016. Preserving Peat Ecosystem through REDD+ activity in Kampar peninsula Riau-Indonesia. FMU/REDD+ KIJP, Jakarta.

[2] [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup, 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I Pedoman Umum. KLH, Jakarta.

[3] [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup, 2010. Indonesia Second National Communication under Uniteds Framework on Convention on Climate Change. KLH, Jakarta.

[4] [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Indonesia first biennial update report (BUR) under the United Nations Framework on Climate Change. KLHK, Jakarta.

[5] [KPHP TBS] Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi Model Tasik Besar Serkap. 2014. Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) Periode 2014-2023. Indonesia, Pekanbaru.

[6] Andres R. J., T. A. Boden, F. M. Bréon, P. Ciais, S. Davis, D. Erickson, Gregg, J. Sterling, A. Jacobson, G. Marland, J. Miller, T. Oda, J. G. J. Olivier, M. R. Raupach, P. Rayner, K. Treanton, 2012. A synthesis of carbon dioxide emissions from fossil-fuel combustion. *J. Biogeosciences* 9, pp. 1845–1871.

[7] Nurrochmat D. R., D. Darusman, M. Ekayani. 2016. Kebijakan Pembangunan Kehutanan dan Lingkungan. Teori dan Implementasi. IPB Press, Bogor.

[8] Rochmayanto Y., 2009. Perubahan kandungan karbon dan nilai ekonominya pada konversi hutan rawa gambut menjadi hutan tanaman industri pulp [tesis]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

[9] Sakata R, S. Shimada S, H. Arai, N. Yoshioka, R. Yoshioka, H. Aoki, N. Kimoto, A. Sakamoto, L. Melling, K. Inubushi, 2014. Effect of soil types and nitrogen fertilizer on nitrous oxide and carbon dioxide emissions in oil palm plantations. *J. Social Science and Plan Nutrition* 61(1), pp. 48-60.