

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hutan adalah suatu kawasan yang terdiri dari komponen Biotik dan Abiotik yang berfungsi untuk penampung karbon dioksida dan sebagai paru - paru dunia. Hutan ditumbuhi dengan lebat oleh pepohonan dan tumbuhan lainnya, kawasan ini terdapat di wilayah-wilayah yang luas di dunia dan berfungsi sebagai penampung karbon dioksida, habitat hewan, dapat menahan aliran air serta pelestari tanah, dan merupakan salah satu aspek biosfer bumi yang paling penting. Menurut ketentuan umum Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, Konservasi Hutan diartikan sebagai kawasan hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan ekosistemnya.

Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya membagi Kawasan Suaka Alam menjadi: Cagar Alam dan Suaka Margasatwa. Cagar Alam adalah suatu kawasan suaka alam yang karena keadaan alamnya memiliki kekhasan akan tumbuhan, satwa dan ekosistemnya yang perlu dilindungi dan dilestarikan serta perkembangannya berlangsung secara alami tanpa campur tangan manusia dan berkembang sesuai dengan kondisi aslinya.

Kondisi pemanasan global merupakan suatu proses peningkatan suhu yang pada umumnya di sebabkan oleh menumpuknya gas karbon dioksida (CO_2) atau yang biasa dikenal sebagai karbon di atmosfer yang menjadi akibat dari aktivitas manusia yang terlalu banyak menghasilkan karbon. Indonesia merupakan salah satu negara yang mengikuti program *Reduce Emission from Deforestation and Degradation* (REDD), dan berperan dalam melakukan inventarisasi karbon hutan. Pepohonan merupakan salah satu sebagai bentuk unsur utama pembentuk hutan yang memerlukan sinar matahari, gas CO_2 yang diserap dari udara serta hara dan air yang diserap dari tanah untuk kelangsungan hidupnya (Lukito dan Rohmatiah 2013). Tanaman atau pohon di hutan dianggap berfungsi sebagai tempat penimbunan atau pengendapan karbon (rosot karbon atau *carbon sink*) Windusari (2012).

Selama proses fotosintesis hutan menyerap gas CO_2 dari atmosfer dan kemudian menyimpannya sebagai materi organik dalam bentuk biomassa tanaman. Banyaknya materi organik yang tersimpan dalam biomassa hutan per unit luas dan per unit waktu merupakan pokok dari produktivitas hutan. Produktivitas hutan merupakan gambaran kemampuan hutan dalam mengurangi emisi CO_2 di atmosfer melalui aktivitas fisiologinya. Pengukuran produktivitas hutan dalam sudut pandang penelitian ini relevan dengan pengukuran biomassa hutan yang menyediakan informasi penting dalam menduga besarnya potensi penyerapan CO_2 dan karbon yang tersimpan.

Kalimantan Barat merupakan salah satu provinsi yang memiliki kawasan hutan yang cukup luas dan memiliki keanekaragaman jenis vegetasi yang cukup tinggi. Salah satu Cagar Alam yang ada di Kalimantan Barat yaitu Cagar Alam Lo Pat Fun Pie yang berada di Kabupaten Bengkayang. Studi dan penelitian hutan alam dalam kaitannya dengan aspek konservasi dan ekologi telah banyak dilakukan namun masih sedikit yang mengkaji tentang manfaat hutan alam dalam penyerapan dan penyimpanan karbon. Informasi mengenai potensi cadangan karbon pada hutan alam sangat diperlukan untuk mendukung kegiatan pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan.

Pendugaan kandungan karbon dalam menyerap karbon di hutan tropis masih perlu dilakukan karena potensi karbon hutan yang besar. Kawasan Konservasi Cagar Alam yang berada di Bengkayang adalah salah satu areal kawasan yang berperan sebagai

salah satu pemasok sumber cadangan karbon, namun saat ini salah satu kawasan konservasi Cagar Alam belum terstruktur dengan baik. Nilai karbon penting untuk dihitung dan dipelajari dalam kaitannya dengan peranan keanekaragaman hayati karena pohon berperan sebagai penyimpan karbon oleh sebab itu penelitian ini dilakukan adanya pengolahan data terkait carbon hutan tersebut.

Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa hasil penelitian seperti Suwardi (2013) Di Hutan Tropis Dataran Rendah, Ulu Gadut, Sumatera Barat, jumlah total kandungan karbon yang tersimpan per Ha pada semua tegakan adalah sebesar 241,38 ton/ha, dan hasil penelitian oleh Prahara (2015) yang dilakukan pada berbagai Tutupan Lahan di KPHP Model Sungai Merakai Kabupaten Sintang total kandungan karbon pada tipe lahan Hutan Rawa Sekunder sebesar 212,40 ton/Ha sedangkan pada Penelitian Hidayat (2019) Estimasi Stok Karbon Pada Vegetasi Hutan Rawa Gambut Di Kawasan Lindung Iuphkh-Hti Pt. Muara Sungai Landak Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat sebesar 25.970.08 ton/ha. Berdasarkan hasil dari ketiga penelitian yang dilakukan pada tempat dan tipe hutan berbeda, maka hasil kandungan karbon berbeda. Hal ini dipengaruhi luasan kawasan, jumlah individu (tegakan) dan diameter tegakan. Kawasan Cagar Alam Lo Pat Fun Pie terdiri dari berbagai tegakan, mulai dari tingkat semai, pancang, tiang dan pohon dengan jenis yang berbeda, memiliki Luas areal 7,74 ha berada di Desa Monterado Kabupaten Bengkayang, tipe ekosistem pada kawasan CA ini yaitu tipe vegetasi hutan dataran rendah dan hutan rawa gambut sehingga penting dihitung nilai karbonnya. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar kandungan karbon pada tegakan yang terdapat pada kawasan Cagar Alam Lo Pat Fun Pie.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung biomassa dan karbon yang tersimpan pada tegakan hutan yang terdapat pada kawasan Cagar Alam Lo Pat Fun Pie. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai karbon dan sebagai acuan untuk meningkatkan upaya perlindungan kawasan Cagar Alam.

TINJAUAN PUSTAKA

Hutan Hujan Tropis

Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 merumuskan pengertian hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam hubungan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan.

Indriyanto (2006) menyatakan bahwa berdasarkan faktor lingkungan yang memiliki pengaruh dominan terhadap bentuk susunan komunitas atau ekosistem hutan, maka ekosistem hutan dikelompokkan kedalam dua formasi, yaitu formasi klimatis dan edafis. Adapun pengertian dari formasi klimatis dan formasi edafis, yaitu;

1. Formasi klimatis merupakan formasi hutan yang dalam pembentukannya sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur iklim, misalnya temperatur, kelembapan udara, intensitas cahaya dan angin. Ekosistem hutan yang termasuk dalam formasi klimatis, yaitu hutan hujan tropis, hutan musim dan hutan gambut.

2. formasi edafis adalah hutan yang dipengaruhi oleh keadaan tanah, misalnya sifat-sifat fisika, sifat kimia, sifat biologi tanah dan kelembapan tanah. Ekosistem hutan yang termasuk dalam formasi edafis, yaitu hutan hujan rawa, hutan payau dan hutan pantai.

Struktur hutan hujan tropis di wilayah Asia Tenggara, dimana Indonesia menjadi bagian terbesar. Hutan hujan tropis merupakan ekosistem hutan paling kompleks yang dibentuk dari berbagai jenis dan ukuran tumbuhan. Tumbuhan tersebut membentuk struktur hutan yang sering disebut kanopi. Kanopi dapat pula dikatakan suatu tingkatan pohon penyusun hutan. Tingkatan tersebut terdiri dari tumbuhan bawah, anakan pohon, pohon muda, sampai dengan pohon dewasa Whitmore (1998).

Kanopi membentuk iklim mikro, sehingga apabila di dalam hutan terasa udara yang lebih sejuk daripada di luar hutan. Kanopi juga membuat sinar matahari tidak dapat sepenuhnya masuk sampai ke dalam lantai hutan. Hubungan antara kerapatan tutupan kanopi sangat erat kaitannya dengan bentuk dan jenis tumbuhan yang ada di dalamnya. Menurut Whitmore (1998) kategori tingkat pertumbuhan pohon di hutan tropis adalah sebagai berikut;

- a. Tumbuhan bawah : Merupakan tumbuhan tidak berpembuluh (tidak berkayu), umumnya berada di atas lantai hutan.
- b. Semai : Anakan pohon yang memiliki tinggi kurang dari 150 cm
- c. Pancang : Anakan pohon dengan tinggi lebih dari 150 cm, tetapi memiliki diameter batang kurang dari 10 cm.
- d. Tiang : Pohon dengan ukuran diameter antara 10 cm dan 20 cm.
- e. Pohon : Tumbuhan berkayu yang memiliki diameter lebih dari 20 cm.

Selain tingkat pertumbuhan, hutan hujan tropis juga memiliki bentuk kehidupan tumbuhan lainnya. Berbagai bentuk tingkatan pertumbuhan pohon dan herba di dalam hutan dikelompokkan menjadi tumbuhan autotrofik yaitu tumbuhan yang dapat memproduksi makanannya sendiri. Sementara, ada bentuk pertumbuhan lainnya, dimana suatu tumbuhan memerlukan tumbuhan lain untuk dapat hidup yang sering disebut sebagai heterotrofik.

Indriyanto (2006) menyatakan bahwa semua komponen alam baik itu tumbuhan, hewan, dan faktor lingkungan fisik membentuk sebuah ekosistem. Ekosistem ini bersifat dinamis mengalirkan energi dan nutrien dalam metabolisme alam. Apabila terjadi gangguan terhadap ekosistem, misalnya pohon tumbang, maka akan terjadi gap atau rumpang. Tumbuhan baru akan berkompetisi mengisi kekosongan ruang tersebut. Proses demikian sering disebut sebagai suksesi. Ekosistem dimana produktivitas tidak lagi bertambah secara signifikan, disebut klimaks. Namun faktanya, alam terus berubah. Alam dapat terus memperbaiki dirinya sendiri karena memiliki daya lenting. Tetapi, kalau kerusakan terhadap alam sudah melebihi batas daya lenting, maka alam tersebut akan sulit pulih bahkan akan berubah.

Kawasan Konservasi Cagar Alam

Kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh Pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Pemerintah menetapkan hutan berdasarkan fungsi pokok atas : Hutan konservasi, hutan lindung, dan hutan produksi (Undang-undang No. 41 Tahun 1999)

Hutan konservasi adalah kawasan hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta

ekosistemnya yang terdiri dari kawasan hutan suaka alam yang merupakan hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya, yang juga berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan dan kawasan hutan pelestarian alam adalah hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya, dan taman buru adalah kawasan hutan yang ditetapkan sebagai tempat wisata berburu. Berdasarkan UU No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya dengan penjabarannya melalui Peraturan Pemerintah No. 68 Tahun 1998 tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam, Indonesia membagi Kawasan Konservasi (KK) ke dalam dua jenis kawasan yaitu Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA).

1. Kawasan Suaka Alam adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di daratan maupun di perairan yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya yang juga berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan, yang mencakup.
 - a. Kawasan cagar alam adalah kawasan suaka alam yang karena keadaan alamnya mempunyai kekhasantumbuhan, satwa dan ekosistemnya atau ekosistem tertentu yang perlu dilindungi dan perkembangannya berlangsung secara alami.
 - b. Kawasan suaka margasatwa adalah kawasan suaka alam yang mempunyai ciri khas berupa keanekaragaman dan atau keunikan jenis satwa yang untuk kelangsungan hidupnya dapat dilakukan pembinaan terhadap habitatnya.
2. Kawasan Pelestarian Alam adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di daratan maupun di perairan yang mempunyai fungsi perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya, yang mencakup :
 - a. Kawasan taman nasional adalah kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk keperluan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata dan rekreasi.
 - b. Kawasan taman wisata alam adalah kawasan pelestarian alam dengan tujuan utama untuk dimanfaatkan bagi kepentingan pariwisata dan rekreasi alam.
 - c. Kawasan taman hutan raya adalah kawasan pelestarian alam untuk tujuan koleksi tumbuhan dan atau satwa yang alami atau bukan alami, jenis asli dan atau bukan asli, yang dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata dan rekreasi alam.

Berbagai macam kawasan yang dilindungi terdapat di berbagai negara, sangat bervariasi baik dalam tingkat perlindungan yang disediakan maupun dalam undang-undang atau aturan (internasional, nasional, atau daerah) yang dirujuknya dan yang menjadi landasan operasional. Beberapa contohnya adalah Kawasan Suaka Alam yang terdiri dari Cagar Alam dan Suaka Margasatwa, serta Kawasan Pelestarian Alam seperti Taman Nasional, Taman Wisata Alam, Taman Buru dan Taman Hutan Raya.

Cagar Alam adalah Kawasan Suaka Alam yang karena keadaan alamnya mempunyai keunikan jenis tumbuhan dan keanekaragaman tumbuhan beserta gejala alam dan ekosistemnya yang memerlukan upaya perlindungan dan pelestarian agar keberadaan dan perkembangannya dapat berlangsung secara alami. Pengelolaan Kawasan

Suaka Alam bertujuan untuk mengawetkan keanekaragaman tumbuhan dan satwa dalam rangka mencegah kepunahan spesies, melindungi sistem penyangga kehidupan, dan pemanfaatan keanekaragaman hayati secara lestari. Manfaat pembentukan kawasan suaka alam ini adalah sebagai berikut:

1. Melindungi tumbuhan dan hewan dari bahaya kepunahan
2. Melestarikan tumbuhan dan hewan agar tetap tumbuh dan berkembang
3. Menjaga kesuburan tanah
4. Menjaga kualitas kesegaran udara
5. Mengatur tatanan air baik di dalam kawasan hutan maupun di kawasan luar sekitar kawasan suaka alam ini
6. Memperkaya negara dengan komoditas flora, fauna, dan segala bentuk hasil hutan
7. Sebagai tempat wisata
8. Sebagai tempat praktik belajar dan kerja lapangan
9. Sebagai tempat penelitian

Cagar Alam merupakan kawasan konservasi yang memiliki fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman hayati dan wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan (PP Nomor 28 Tahun 2011). Kriteria suatu wilayah dapat ditunjuk dan ditetapkan sebagai kawasan cagar alam yaitu memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa liar yang tergabung dalam suatu tipe ekosistem, mempunyai kondisi alam, baik tumbuhan dan/atau satwa liar yang secara fisik masih asli dan belum terganggu, terdapat komunitas tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya yang langka atau keberadaannya terancam punah, memiliki formasi biota tertentu dan unit-unit penyusunnya, mempunyai luas yang cukup dan bentuk tertentu yang dapat menunjang pengelolaan secara efektif dan menjamin berlangsungnya proses ekologis secara alami, mempunyai ciri khas potensi dan dapat merupakan contoh ekosistem yang keberadaannya memerlukan upaya konservasi.

Salah satu Cagar Alam yang terletak di Kabupaten Bengkayang yaitu Cagar Alam Lo Pat Fun Pi adalah Kawasan yang ditunjuk dan ditetapkan berdasarkan SK Zelber Bels Van Sambas Tanggal 23 Maret 1936, dengan luasan 8,00 hektare. SK Residentie Westafdeling Van Borneo, Afdeling en Onderafdeling Singkawang Tanggal 12 Oktober 1982 dengan luas 7,9 hektare. Kemudian ditetapkan kembali melalui SK Menteri Pertanian RI No. 757/Kpts/Um/10/1982 Tanggal 12 Oktober 1982 dengan luas 7,8 hektare. Setelah dilakukan tata batas pada Kawasan CA pada tahun 2021 maka luas lahan berkurang menjadi 7,74 masih sebagai petunjuk dan belum ada SK. Kawasan ini terletak antara 0°45'- 0°46' LU dan 109°07'-109°08' BT, yang secara administrasi masuk dalam wilayah Desa Monterado Kecamatan Monterado, Kabupaten Bengkayang memiliki keadaan topografi secara umum adalah dataran rendah.

Biomasa Pohon

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (*a glossary by the IPCC 1995*). Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas. Biomassa tumbuhan dapat bertambah karena tumbuhan dapat menyerap CO₂ dari udara dan sehingga dapat mengubah zat tersebut menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis (Brown 1997).

Biomassa hutan (*forest biomass*) adalah keseluruhan volume makhluk hidup dari semua species pada suatu waktu tertentu dan dapat dibagi ke dalam 3 kelompok utama yaitu pohon, semak dan vegetasi yang lain. Biomassa hutan sangat relevan dengan isu

perubahan iklim. Biomasa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon. Keseluruhan karbon hutan, sekitar 50% diantaranya tersimpan dalam vegetasi hutan. Sebagai konsekuensi, jika terjadi kerusakan hutan, kebakaran, pembalakan dan sebagainya akan menambah jumlah karbon di atmosfer.

Pendugaan biomassa hutan dibutuhkan untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dan untuk tujuan lain. Pendugaan biomassa di atas permukaan tanah sangat penting untuk mengkaji cadangan karbon dan efek dari deforestasi serta penyimpanan karbon dalam keseimbangan karbon secara global (Ketterings *et al.* 2001). Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran/perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling mempengaruhi proses lainnya.

Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut tersirkulasi kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan, di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer. Menurut Dandun Sutaryo (2009) terdapat 4 cara utama untuk menghitung biomassa yaitu;

1. Sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) secara *in situ*, metode ini dilaksanakan dengan memanen seluruh bagian tumbuhan termasuk akarnya, mengeringkan dan menimbang berat biomasnya.
2. Sampling tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*) dengan data pendataan hutan secara *in situ*, metode ini dilakukan dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini dilakukan untuk mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan allometrik untuk mengekstrapolasi biomassa.
3. Pendugaan melalui penginderaan jauh
4. Penggunaan teknologi penginderaan jauh memiliki hasil dengan resolusi tinggi diperlukan untuk mendapatkan estimasi biomassa dengan tingkat keakuratan yang baik, tetapi hal ini akan menjadi metode alternatif dengan biaya yang besar.
5. Pembuatan model
Metode ini digunakan untuk menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi dan intensitas pengamatan *in situ* atau penginderaan jauh yang terbatas.

Karbon Pohon

Menurut Indriyanto (2006) kegiatan konservasi hutan menjadi salah satu untuk memicu terjadinya pelepasan karbon dengan jumlah yang besar ke atmosfer. Dampak langsung perubahan hutan tersebut yaitu terlepasnya cadangan karbon dalam biomassa tumbuhan dan memicu terjadinya degradasi tanah yang menyebabkan terlepasnya karbon dari bahan organik tanah.

Cadangan karbon merupakan kandungan karbon yang tersimpan baik pada suatu permukaan tanah sebagai biomassa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati, maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah. Perubahan bentuk karbon ini menjadi dasar

untuk menghitung emisi, dimana sebagian besar unsur karbon yang terurai ke udara biasanya terikat dengan O₂ dan menjadi CO₂.

Menurut Hariah & Rahayu (2007), komponen C dapat dibedakan menjadi dua yaitu karbon di atas permukaan tanah dan karbon di bawah permukaan tanah. Karbon di atas permukaan tanah terdiri dari biomassa pohon, biomassa tumbuhan bawah, nekromassa, dan serasah, sedangkan karbon di bawah tanah meliputi biomassa akar dan bahan organik tanah. Sebagian atau keseluruhannya di uraikan oleh organisme tanah sehingga melapuk dan menyatu dengan tanah. Karbon dapat tersimpan dalam masa yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah carbon yang terserap dari atmosfer. Menurut Dandun Sutaryo (2009) dalam inventarisasi karbon hutan, karbon pool yang diperhitungkan terdapat 4 kantong karbon yaitu:

1. Biomassa atas permukaan merupakan semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon yaitu batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari bagian pohon maupun dari bagian tumbuhan bawah di lantai hutan.
2. Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa 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 serasah.
3. Bahan organik mati meliputi kayu mati dan serasah. Serasah 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 serasah 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 karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

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.

Deforestasi dan degradasi hutan tropis merupakan sumber antropogenik utama dari karbon dioksida atmosfer dan pendorong utama perubahan iklim. Menurut laporan terbaru dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), emisi bersih karbon dari perubahan tata guna lahan selama satu dekade terakhir diperkirakan mencapai 3,3 miliar ton CO₂ nilai CO₂ per tahun – sekitar 10% dari seluruh emisi manusia 3,1 Meskipun laju deforestasi turun secara signifikan di negara-negara yang menerapkan kebijakan konservasi yang kuat, hilangnya hutan di negara-negara lain terus berlanjut atau diperkirakan akan meningkat di masa depan pendugaan karbon untuk proyek penyerapan karbon di sektor perubahan penggunaan lahan dan kehutanan (*land use change and forestry*) maupun proyek penghindaran emisi karbon, memerlukan prosedur pengukuran lapangan yang benar dan berbasis ilmiah agar memiliki keakuratan dan presisi yang cukup baik.

Implementasi Kegiatan REDD+ Pada Kawasan Konservasi

Sektor Kehutanan dan perubahan lahan adalah salah satu sektor penting yang berkontribusi terhadap perubahan iklim melalui emisi gas rumah kaca (GRK). Pada tingkat global, laporan IPCC (2014) menyebutkan kontribusi sektor perubahan pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan sebesar 24%, sedangkan di Indonesia, sektor perubahan lahan dan kebakaran termasuk kebakaran gambut adalah yang terbesar yaitu 63% dari total emisi nasional (INDC 2014).

Indonesia adalah salah satu negara dengan hutan tropis terbesar. Salah satu kontribusi terhadap isu global adalah melalui perannya dalam mengurangi emisi GRK dan meningkatkan persediaan karbon hutan melalui konservasi hutan yang mekanismenya ditingkat global sedang dibangun melalui kegiatan REDD+. Hal ini didukung oleh luasnya hutan konservasi di Indonesia yang mencapai 26,8 juta Ha, terdiri dari Taman Nasional, Cagar Alam, dan Hutan Rekreasi (Kementerian Kehutanan 2014).

REDD+ tidak hanya mencakup pengurangan gas rumah kaca tetapi juga mencantumkan peran dari konservasi, manajemen hutan yang berkepanjangan, dan peningkatan stok hutan karbon. Skema ini akan membantu menurunkan tingkat kemiskinan dan mencapai pertumbuhan ekonomi berkelanjutan. *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD) adalah langkah-langkah yang didesain untuk menggunakan insentif keuangan untuk mengurangi emisi dari gas rumah kaca dari deforestasi dan degradasi hutan. Pada masa penyiapan berbagai inisiatif REDD+ telah dikembangkan termasuk penyelenggaraan kegiatan percontohan *Demonstration Activities* (DA) REDD+ di berbagai kondisi biogeografis di Indonesia termasuk di Kawasan Konservasi atau Taman Nasional (TN), seperti di TN Meru Betiri di Jawa Timur, TN Berbak di Jambi dan TN Sebangau di Kalimantan Tengah (UN-REDD 2013).

Upaya pendugaan karbon untuk keperluan perdagangan karbon menggunakan mekanisme REDD+, perlu diterapkan dengan tingkat keakurasian dan ketepatan yang sebaik-baiknya, namun perlu mempertimbangkan kompensasi biaya yang ditimbulkan. Untuk itu juga disarankan agar inventarisasi karbon tersebut dapat dilakukan untuk mendapatkan informasi tambahan lainnya secara paralel, seperti potensi tegakan hutan, biodiversity maupun data lainnya terkait dengan sistem pengelolaan hutan, sehingga dana yang digunakan menjadi lebih efektif (MacDicken 1997).

REDD+ sebagai sebuah konsep yang relatif baru, memberikan peluang adanya menuju pengelolaan hutan yang lestari. Kawasan konservasi berpotensi untuk dapat menjalan program REDD+. Namun demikian, nilai insentifnya tidak hanya didasarkan kepada nilai penurunan emisi tetapi juga termasuk kelestarian keanekaragaman hayati dan masyarakat sekitar yang mendapatkan manfaat dari REDD. Kawasan konservasi di Indonesia ditetapkan karena adanya biodiversity khas yang harus dilindungi. Oleh sebab itu kegiatan REDD+ harus juga menghasilkan manfaat lain yang sejalan dengan peningkatan biodiversity tersebut.

Persamaan Alometrik

Persamaan Alometrik Biomassa Pohon

Sebagian besar karbon hutan di atas permukaan berasal dari biomasa pohon. Persamaan alometrik yang digunakan untuk pendugaan kandungan biomasa atau karbon merupakan hubungan antara salah satu parameter pohon, misalnya diameter atau tinggi, dengan jumlah total biomasa atau karbon yang terkandung dalam pohon tersebut.

Anitha *et al.* (2015) telah mengkaji bahwa terdapat 2.458 persamaan untuk menduga biomassa yang telah diperoleh dari studi yang menggunakan metode destructive sampling (pengambilan sampel di lapangan dengan cara merusak/menebang pohon dan vegetasi hutan). Pembangunan persamaan alometrik ini dibangun berdasarkan pengambilan data pada beberapa lokasi seperti Pulau Sumatera, Pulau Jawa dan Pulau Kalimantan; sedangkan pada Indonesia bagian Timur seperti Pulau Sulawesi dan Pulau Irian masih jarang dilakukan (Anitha *et al.* 2015; Krisnawati *et al.* 2012).

Kegiatan pembangunan PSP FCPF dilakukan dengan menerapkan pembangunan plot bersarang berbentuk bujur sangkar dengan merujuk kepada Standar Nasional Indonesia (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Plot utama berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 20 m x 20 m plot ini merupakan plot untuk pengukuran pohon, di dalam plot berukuran 20 m x 20 m terdapat subplot berukuran 10 m x 10 m untuk pengukuran tiang, subplot berukuran 5 m x 5 m untuk pengukuran pancang, dan subplot berukuran 2 m x 2 m untuk pengukuran semai. Subplot berukuran 2 m x 2 m tersebut juga digunakan untuk pengukuran tumbuhan bawah dan serasah. Banyak terdapat bentuk dan ukuran plot yang beragam untuk kegiatan pengambilan contoh untuk analisis vegetasi dalam kegiatan inventarisasi hutan. Desain pengambilan contoh dibuat untuk menjamin contoh yang diambil dapat mengambil informasi data yang ada di lapangan seperti ukuran, jenis, dan umur.

Persamaan alometrik yang digunakan dalam penghitungan biomassa dalam kegiatan FCPF ini menggunakan persamaan alometrik berdasarkan tipe ekosistem hutan yaitu persamaan alometrik untuk ekosistem hutan lahan kering (T.M. Basuki, van Laake, Skidmore, & Hussin 2009). Bentuk hidup (*life form*) pohon mulai tingkat pancang, tiang, pohon kecil dan pohon besar, dicatat jenis dan diameter setinggi dada (DBH-Diameter at Breast Height), di sektor kehutanan, pengukuran DBH diterapkan pada ketinggian tetap yaitu 1,3 m atau untuk pohon yang tidak normal, pengukuran dilakukan pada tempat yang ditentukan. Data yang dikumpulkan untuk adalah:

1. No Pohon : Nomor urut pengukuran pohon
2. Nama Pohon : Nama lokal pohon (sesuaikan dengan daftar nama lokal)
3. Diameter : Diameter pohon setinggi dada (DBH) dalam centimeter (cm).
4. Keterangan : Diisi semua informasi terkait dengan kondisi pohon, misal: mati berbanir 2 meter atau memiliki akar nafas setinggi 70 cm.

Pohon dikelompokkan berdasarkan tingkat pertumbuhannya dan diukur pada sub plot yang berbeda pula.

1. Semai (DBH < 2cm) diukur dalam sub plot A ukuran 2m x 2m
2. Pancang (2 cm < DBH < 10 cm) diukur dalam sub plot B ukuran 5m x 5 m
3. Tiang (10 < DBH < 20) diukur dalam sub plot C ukuran 10m x 10m
4. Pohon (20 < DBH < 35) diukur dalam sub plot D ukuran 20m x 20m
5. Pohon Besar (DBH > 35) diukur dalam sub plot E ukuran 20m x 125 m

Tingkat pertumbuhan Pohon dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu pohon kecil dan pohon besar (DBH > 35 cm). Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa pohon besar dapat terwakili dengan baik khususnya pada plot berukuran besar. Mengingat kandungan karbon pada pohon besar sangat tinggi.

Untuk menghitung total biomasa pohon menggunakan persamaan biomasa yang ada, dapat menerapkan prosedur di bawah ini:

1. Tentukan persamaan alometrik yang paling sesuai untuk diterapkan di wilayah kerja. Pilih persamaan yang dikembangkan berdasarkan tipe hutan yang serupa. Jika tidak ada, pilih persamaan generik yang dikembangkan dari data global, seperti

- persamaan yang dikembangkan oleh Chave *et al.* (2005) atau Brown (1997).
2. Sebelum menerapkan pendugaan biomasa menggunakan persamaan allometrik yang ada, sangat dianjurkan untuk membandingkannya dengan data pengukuran langsung pada beberapa contoh pohon yang berada pada ekosistem hutan yang akan diukur. Jika terdapat perbedaan kurang dari 10%, maka persamaan tersebut dapat digunakan. Jika lebih dari 10%, sebaiknya menggunakan persamaan alometrik yang dikembangkan secara lokal.
 3. Beberapa persamaan memerlukan tidak hanya DBH sebagai penduga, tetapi juga memerlukan Tinggi dan/atau berat jenis pohon. Pastikan parameter yang diperlukan tersebut diukur di lapangan.
 4. Hitung biomasa semua pohon yang diukur pada kegiatan inventarisasi karbon hutan, dengan menggunakan persamaan terpilih.

Penggunaan metode pada penelitian ini yang akurat adalah Sampling tanpa pemanenan, metode ini merupakan cara sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini antara lain dilakukan dengan mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan alometrik untuk mengekstrapolasi biomassa. Persamaan allometrik untuk pendugaan biomassa pada pohon yang digunakan dinyatakan dengan persamaan umum yaitu persamaan allometrik menurut Chave *et al.* (2005), dengan rumus: $BP = ABG_{est} = \rho * \exp(-1,499+2,148 * \ln(D) + 0,207 * (\ln(D))^2 - 0,0281 * (\ln(D))^3)$. Beberapa persamaan alometrik yang dapat digunakan untuk hutan tropis telah disusun berdasarkan penelitian yang dilakukan secara global maupun lokal. Beberapa persamaan memerlukan data berat jenis kayu sebagai salah satu penduga biomasa total pohon (Kettering, 2005; Chave *et al.* 2005). Data berat jenis pohon-pohon hutan tropis telah dikompilasi oleh ICRAF South East Asia: [http://www.worldagroforestry.org/sea IPCC \(2006\).](http://www.worldagroforestry.org/sea IPCC (2006).)

Persamaan Alometrik Biomassa Akar

Pendugaan kandungan biomassa akar terlalu sulit untuk dilakukan pengukuran di lapangan. Karena itu, dapat digunakan metode *root to shoot ratio* (RSR) atau rasio perbandingan antara biomassa akar (biomassa bawah permukaan) dengan biomassa atas permukaan (BAP). IPCC (2003) juga telah melampirkan tabel RSR global untuk pendugaan biomassa bawah permukaan (BBP). Pendugaan biomassa akar, secara teknis sangat sulit dilakukan. Karena itu penelitian mengenai model penduga kandungan biomassa akar pun sangat terbatas. Beberapa penelitian juga telah dilakukan untuk membangun persamaan alometrik akar di wilayah tropis: $\exp(-1,0587 + 0,8836 * \ln(BAP))$ Cairns *et al.* (1997).

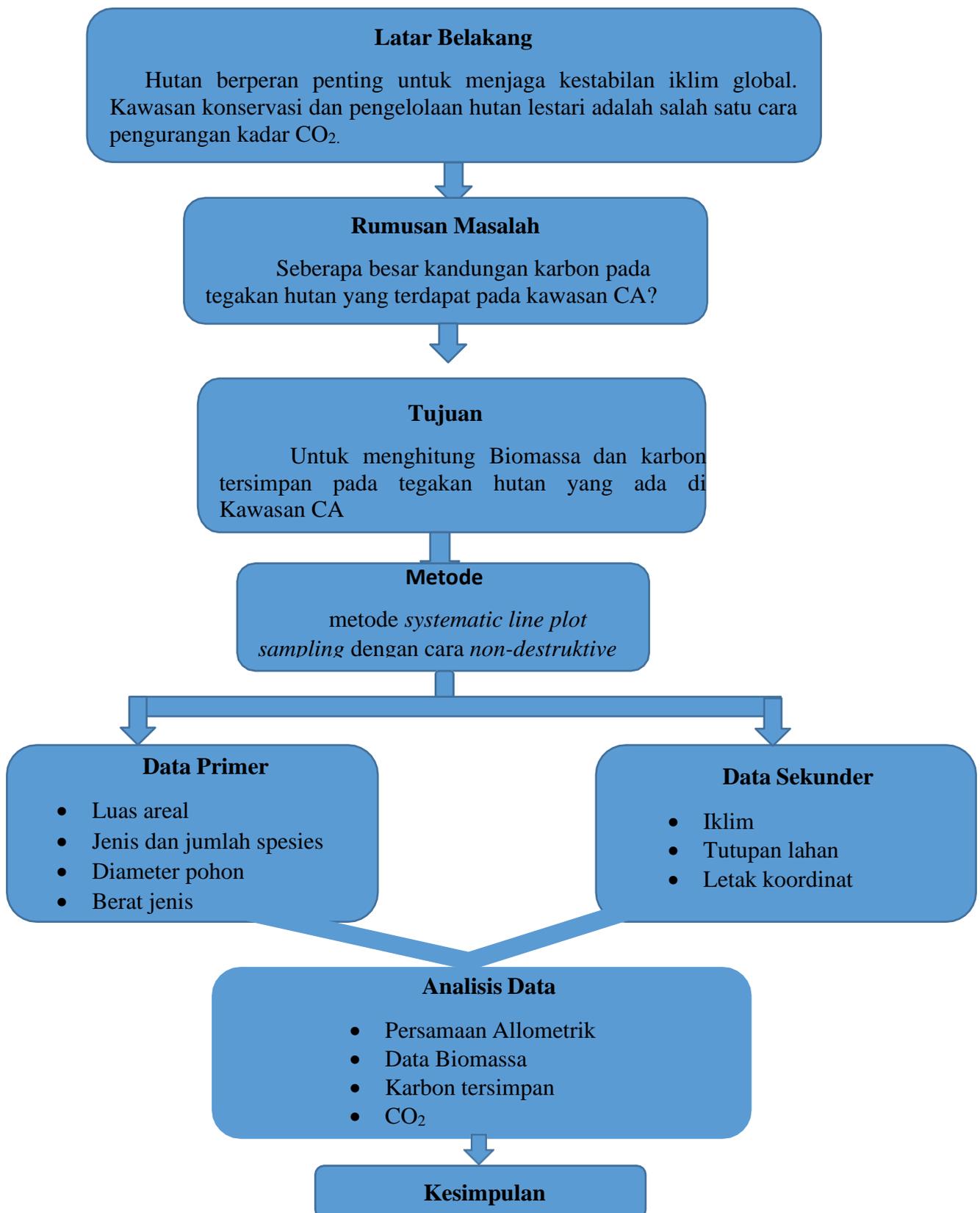
Kerangka Pikir

Kawasan Cagar Alam Lo Pat Fun Pie adalah salah satu kawasan Konservasi yang memiliki Luas areal 7,74 ha yang berada di Desa Monterado Kabupaten Bengkayang. CA ini memiliki tingkat keanekaragaman vegetasi yang cukup tinggi, dan tipe ekosistemnya yaitu tipe vegetasi hutan dataran rendah dan hutan kerangas dimana CA ini memiliki keunikan/ciri khas tertentu dan memerlukan perlindungan dan pelestarian.

Tanaman atau pohon di kawasan CA ini dianggap berfungsi sebagai tempat penimbunan atau pengendapan karbon, ini yang kita sebut karbon yang merupakan suatu stok yang terkait pada hutan termasuk pohon, namun pada kawasan CA ini belum pernah ada yang mengkaji tentang manfaat hutan alam dalam penyerapan dan penyimpanan karbon, informasi mengenai potensi cadangan karbon atau kandungan karbon sangat diperlukan untuk mendukung kegiatan pengurangan emisi dari

deforestasi dan degradasi hutan, oleh sebab itu perlu diketahui seberapa besar kandungan karbon pada tegakan hutan yang terdapat pada kawasan CA tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan metode systematic line plot sampling dengan cara non-destruktive, dengan teknik pengumpulan data menggunakan petak sampling yang mana dari Luas areal kawasan CA 7,74 Ha terdapat Intensitas sampling yang diambil adalah 10% dengan jumlah petak sampling adalah 20 buah dan interval antar plot ke plot lainnya 63 m. Plot utama berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 20 m x 20 m = 400 m atau 0,04 ha. 20 m x 20 m plot ini digunakan untuk pengukuran pohon ≥ 20 cm, di dalam plot berukuran 20 m x 20 m terdapat subplot berukuran 10 m x 10 m untuk pengukuran tiang, dan 5m x 5m untuk pengukuran pancang. Setelah melakukan penelitian dan pengidentifikasian tumbuhan, akan diperoleh data berupa jenis- jenis tumbuhan dan nilai karbon yang terdapat pada kawasan Cagar Alam Lho Fat Pun Pie.



Gambar 1 Diagram alir penelitian