

Model Carbon Trading Perhutanan Sosial di Jawa

Penulis:

**B. Linggar Yekti Nugraheni
Shresta Purnamasari
Amriza Rois Ismail
R. Setiawan Aji Nugroho
Apelina Teresia
Stefani Fierzca Dewi**

Model Carbon Trading Perhutanan Sosial di Jawa

Penulis:

B. Linggar Yekti Nugraheni

Shresta Purnamasari

Amriza Rois Ismail

R. Setiawan Aji Nugroho

Apelina Teresia

Stefani Fierzca Dewi

Penerbit: Universitas Katolik Soegijapranata

Model Carbon Trading Perhutanan Sosial di Jawa

Penulis:

B. Linggar Yekti Nugraheni, SE., MCom., PhD
Shresta Purnamasari, SE., MSc
Amriza Rois Ismail, S.Pd., MLing
R. Setiawan Aji Nugroho., PhD
Apelina Teresia, SE., MAk
Stefani Fierzca Dewi, S.Pd., M.Sc

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis dan Penerbit.

©Universitas Katolik Soegijapranata 2023

ISBN : 978-623-5997-46-9 (PDF)
Desain Sampul : Linggar Yekti
Sumber Foto : Koleksi Linggar Yekti
Perwajahan Isi : Ignatius Eko
Ukuran buku : Unesco (15 x 23 cm)
Font : Calibri 12
Tanggal Terbit : 30 November 2023

PENERBIT:

Universitas Katolik Soegijapranata
Anggota APPTI No. 003.072.1.1.2019
Anggota IKAPI No 209/ALB/JTE/2021
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234
Telpon (024)8441555 ext. 1409
Website: <https://www.unika.ac.id/upt-publishing/>
Email Penerbit: ebook@unika.ac.id

Kata Pengantar

Buku ini ditulis untuk mengetahui bagaimana gagasan dan praktik masyarakat petani perhutanan sosial mengenai potensi perdagangan karbon perhutanan sosial di Jawa. Data dan informasi empiris dalam buku ini berasal langsung dari para pelaku petani dan pendamping petani yang tergabung dalam kelompok tani hutan (KTH) dan gabungan KTH. Kegiatan lembaga Gerakan Masyarakat (Gema) Perhutanan Sosial Indonesia telah berhasil membuat barisan yang kuat bersama rakyat petani Perhutanan Sosial (PS) di Jawa. Selain meningkatkan kesejahteraan dan martabat petani di wilayah hutan, perhutanan sosial telah memberikan kontribusi keseimbangan dan kelestarian alam melalui komoditas yang di tanam.

Buku ini memberikan gambaran bagaimana perhutanan sosial di Jawa memiliki peluang sebagai area perdagangan karbon untuk mengurangi emisi karbon. Petani di level tapak yang merupakan masyarakat lokal (*indigenous people*) memiliki peran penting sebagai agen yang merubah hutan gundul dan rusak menjadi produktif yang memiliki potensi sebagai area penyerap karbon terbesar di Jawa. Masyarakat lokal memiliki tradisi dan budaya lokal yang mereka percaya dan dijalankan dalam praktek-praktek pelestarian lingkungan. Kegiatan yang berbasis masyarakat lokal dinilai lebih memberikan dampak dalam menggerakkan cita-cita baik untuk menjaga dan memelihara hutan.

Semoga buku ini memberikan gambaran tentang pentingnya menjaga hutan untuk peningkatan kesejahteraan rakyat dan pelestarian lingkungan.

Semarang, Desember 2023

Rektor
Universitas Katolik Soegijapranata

Prakata

Dengan judul “Model Carbon Trading Perhutanan Sosial di Jawa”, buku ini untuk memberikan pemahaman mengenai bagaimana hutan di Jawa memberikan kontribusi dalam pelestarian lingkungan, terutama karena kemampuannya menyerap emisi karbon yang dihasilkan oleh industri.

Buku ini merupakan luaran penelitian “Pengembangan Model *Carbon accounting* Perhutanan Sosial di Jawa” yang terdiri dari beberapa bab. Bab pertama memaparkan mengenai fenomena degradasi dan deforestasi hutan yang sebelumnya dikelola negara, dan kemudian diserahkan kepada rakyat untuk dikelola menjadi hutan produktif. Bab ini memaparkan mengenai cara menghitung tingkat vegetasi dan daya serap karbon, yang diwakili oleh tanaman tegakan mayoritas yang ditanam oleh petani. Bab kedua memaparkan mengenai *carbon accounting* dan ilmu bisnis. *Carbon accounting* menjadi isu cukup menarik di bidang bisnis dan akuntansi karena terdapat mekanisme bursa karbon sebagai tempat jual beli karbon, serta adanya perhitungan nilai nominal offset antara daya serap karbon oleh hutan dan emisi karbon yang dihasilkan industri.

Paparan dari buku ini sangat relevan untuk dibaca oleh para peneliti dan pemerhati lingkungan dan hutan. Bagi peneliti, buku ini memberikan gambaran perkembangan, teknik dan isu terkini mengenai isu

karbon hutan di Jawa. Bagi pemerhati lingkungan, buku ini mampu memberikan gambaran mengenai bagaimana isu degradasi dan deforestasi hutan mampu diatasi dengan peran masyarakat lokal. Selain itu, mekanisme dan model carbon trading di hutan sosial akan mampu diciptakan sehingga bisa dibuktikan bahwa hutan di Jawa juga memiliki peran besar dalam pelestarian lingkungan.

Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan Budaya Riset dan Teknologi atas hibah riset penelitian fundamental reguler sehingga penelitian mengenai model *carbon accounting* bisa dilakukan. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak kampus Universitas Katolik Soegijapranata atas dukungan yang diberikan dalam bentuk materi, fasilitas, serta dukungan dalam bentuk lainnya. Selain itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada lembaga Gerakan Masyarakat Perhutanan Sosial yang sudah membantu penulis dalam melakukan penelitian. Penulis juga mengucapkan terimakasih untuk seluruh tim yang terlibat dalam kegiatan penelitian ini, terutama mahasiswa dari program studi Akuntansi, Manajemen dan Rekayasa Ilmu Lingkungan. Penulis berharap buku ini memberi manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Semarang, Desember 2023

Penulis

Daftar Isi

Bab I

Solusi Untuk Hutan Jawa yang Tidak Produktif	1
1.1 Solusi Degradasi dan Deforestasi	6
1.2 Pengelolaan Hutan dan Emisi Karbon	7
1.3 <i>Carbon accounting</i>	9
1.3.1 Analisis kondisi vegetasi (<i>Inventarisasi vegetasi hutan</i>)	13
1.3.2 Penentuan Petak Sampel	14
1.3.3 Inventarisasi vegetasi	14
1.3.4 Menghitung biomasa (<i>daya serap karbon</i>)	15
1.4 Indigenous Pengelolaan Perhutanan Sosial... ..	16

Bab II

<i>Carbon accounting</i> dan Ilmu Bisnis	39
2.1. Manajemen Keuangan dan Perdagangan Karbon	56
2.2 Potensi Pasar Karbon	62
2.3 Hutan dan Pajak Karbon	70
2.4 Skema Pajak Karbon atau Perdagangan Karbon	71

Bab III

Penutup	77
Daftar Pustaka	79
Glosarium	83
Index	86
Biodata Penulis	87

Daftar Gambar

Gambar 1. Kondisi Sebelum dan Sesudah dikelola oleh Perhutanan Sosial	7
Gambar 2. Sistem E-supply Chain Perhutanan Sosial	12
Gambar 3. Data Master Tanaman pada Sistem E- Supply Chain Perhutanan Sosial	12
Gambar 4. Peta lokasi yang diambil dari Google Earth.....	31
Gambar 5. Area Sampel	33
Gambar 6. Proses Pengambilan Sampel	38
Gambar 7. Data Kinerja Jejak Karbon Astra Internasional 2022.....	47
Gambar 8. Konsep Ekosistem Perdagangan Karbon	58
Gambar 9. Peta Jalan Pajak Karbon.....	72
Gambar 10. Skema Pajak Karbon.....	73

Daftar Tabel

Tabel 1. Indigenous dan PET masyarakat pengelola perhutanan sosial KTH_ Pakis Manungga	22
Tabel 2. Analisis Indigenous dan PET masyarakat pengelola perhutanan sosial KTH Godo	24
Tabel 3. Analisis Indigenous dan PET masyarakat pengelola perhutanan sosial KTH SUKOBUBUK	26
Tabel 4. Analisis Indigenous dan PET masyarakat pengelola perhutanan sosial KTH DUREN SAWIT	29
Tabel 5. Jumlah Plotting	32
Tabel 6. Perhitungan Vegetasi Hutan Area Sampel	35
Tabel 7. Data analisis potensi biomassa hutan KTH Sukobubuk Rejo	37
Tabel 8. Faktor emisi bahan bakar rumah tangga .	41
Tabel 9. Faktor emisi bahan bakar transportasi....	41
Tabel 10. Faktor emisi ketenagalistrikan	42
Tabel 11. Faktor emisi untuk sektor industri	42
Tabel 12. Faktor emisi.....	43

Bab I

Solusi Untuk Hutan Jawa yang Tidak Produktif

Perhutanan sosial adalah program presiden dengan tujuan memberikan hak kepada masyarakat untuk mengelola hutan selama periode 35 tahun melalui mekanisme yang dikenal sebagai Kawasan Hutan Dengan Pengelolaan Kusus (KHDPK). Program ini dapat diwariskan, namun dengan ketentuan bahwa hak ini tidak dapat dijual atau diperdagangkan. Periode 35 tahun ini dianggap cukup untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat di dalam dan sekitar hutan, terutama bagi petani dan anggota keluarga yang menggarap tanah tersebut, berdampak positif pada pertumbuhan ekonomi di daerah pedesaan, serta memberi dampak ekologi yang besar. Hal ini disebabkan oleh adanya regenerasi hutan yang selama ini tidak produktif dan tandus menjadi hutan yang subur.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan telah mengalokasikan lahan seluas 1,1 juta hektar untuk program perhutanan sosial di Pulau Jawa. Lahan ini

sebelumnya merupakan lahan yang tidak produktif selama lebih dari 5 tahun berturut-turut. Area perhutanan sosial di Jawa ini, yang awalnya merupakan lahan yang tidak produktif dan rusak harus dikelola dan dimanfaatkan dengan baik oleh anggota Kelompok Tani Hutan (KTH). Hal ini bertujuan untuk menciptakan ekosistem pertanian berkelanjutan, seperti kebun pertanian atau agroforestri, yang dapat diadopsi dari contoh-contoh hutan rakyat yang ada di lingkungan petani KTH dan diterapkan di lokasi perhutanan sosial di Jawa

Tindakan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) berarti telah menjalankan Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan yang mewajibkan Menteri untuk membentuk unit pengelolaan kawasan hutan. Berdasarkan sejarah, setelah 157 tahun, negara akhirnya mengoreksi peninggalan tatanan spasial kolonial di sebagian wilayah hutan negara di Jawa dan Madura. Kebijakan ini mengalokasikan sejumlah kawasan hutan untuk program perhutanan sosial yang baru di Jawa. Kebijakan Kawasan Hutan Dengan Pengelolaan Kusus (KHDPK) ini sangat dinantikan oleh petani hutan dan diharapkan dapat memberikan peluang mandiri kepada masyarakat dalam mengelola kawasan hutan tersebut.

Dampak positif dari kebijakan perhutanan sosial adalah generasi muda di pedesaan memiliki kesempatan untuk mengembangkan kreativitas mereka dalam pengelolaan hutan dengan berbagai macam ide, antara lain menciptakan pertanian modern, kawasan wisata hutan sampai dengan pemanfaatan teknologi untuk pengelolaan hutan. Perhutanan sosial merupakan usaha untuk

mengatasi tantangan yang dihadapi oleh hutan di Jawa saat ini, yang sering disebut sebagai "poor forest poor people," dengan tujuan untuk menjadikannya sebagai "rich forest, rich people" di masa depan.

Di samping menjawab isu kepentingan ekonomi dan taraf hidup masyarakat (petani) sekitar kawasan hutan, kebijakan perhutanan sosial juga menjawab isu pemulihan kawasan hutan. Pemulihan kawasan hutan akan mempertimbangkan dua hal, yaitu pilihan tanaman dan kemanfaatan yang dapat diperoleh oleh masyarakat sekitar kawasan hutan. Masyarakat sekitar kawasan hutan tidak selalu memandang kepentingan ekonomi terhadap kawasan hutan, melainkan juga kepentingan pemulihan hutan sebagai sumber utama bagi kehidupan mereka. Maka perhutanan sosial juga perlu memberi jalan bagi upaya pemulihan kawasan hutan yang mengakomodasi kepentingan komoditas kayu dengan tanaman lain untuk ekonomi jangka panjang, maupun pemulihan jangka panjang. Petani dapat mempertimbangkan untuk menanam tanaman tagakan sebagai komoditas, maupun tanaman lain yang akan memberikan kemanfaatan secara ekonomi dalam jangka pendek namun berkesinambungan, seperti tanaman buah-buahan.

Indonesia adalah negara kelautan, dimana sumber daya alam terbesar adalah berasal dari laut. Hutan merupakan penyedia sumber daya terbesar setelah laut. Oleh karena itu, pemanfaatan hutan secara arif perlu dilakukan oleh masyarakat di sekitar hutan. Cara-cara arif dan bijaksana adalah cara pengelolaan hutan yang mempertimbangkan hutan sebagai ruang hidup masyarakat dengan segala

dasar historis, sosialis, antropologis, kepercayaan dan ekonomi, juga hutan sekaligus hutan sebagai sumber ekonomi, energi, dan lain-lain. Perhutanan sosial adalah suatu cara yang arif yang menjadi neraca keseimbangan antara aspek sosial, ekonomi dan lingkungan hidup.

Selama ini perhutanan sosial menjadi pekerjaan sektoral kehutanan. Akibatnya adalah perhutanan sosial menjadi tidak adaptif dan fleksibel terhadap perkembangan sosial dan ekonomi. Konsep perhutanan sosial harus inklusif terhadap situasi perkembangan sosial dan ekonomi. Konsep dasar program perhutanan sosial adalah pemberian aset dan akses kepada petani penggarap dan warga miskin di sekitar kawasan.

Pemberian aset adalah upaya redistribusi aset negara dalam hal ini hutan negara kepada rakyat secara bersyarat. Pemberian aset bersyarat dimaksudkan sebagai bentuk pengendalian negara dalam rangka memastikan aset tersebut tepat sasaran yaitu diberikan kepada petani penggarap dan petani miskin sekitar kawasan hutan, menghindari kepemilikan individu (private property right), sekaligus mencegah terjadinya peralihan lahan secara vertikal (akumulasi lahan vertikal). Walaupun demikian, pemberian aset bersyarat ini memiliki fleksibilitas karena dapat diwariskan, jika pengelolaan individu dialihkan secara tidak sah maka dialihkan kepada kelompok (organisasi), jangka waktu 35 tahun sehingga memenuhi asas kepastian hukum serta kelayakan untuk menjalin kerjasama perbankan dan kerjasama jangka Panjang lainnya, jangka waktu ini pun dapat diperpanjang dengan monitoring dan evaluasi berjangka.

Pemberian akses adalah pemberian dukungan penuh negara, mengikutsertakan peluang kerjasama dengan sektor swasta untuk mendorong sebesar-besarnya produktivitas lahan dan pada gilirannya memberikan pertumbuhan ekonomi pada masyarakat miskin di sekitar hutan mau pun desa-desa sekitar hutan.

Perhutanan sosial baru ini perlu berpijak pada orientasi baru hutan saja pada aspek pemulihan kawasan hutan dan wilayah hidup masyarakat sekitar hutan, namun juga orientasi untuk memperbesar wilayah hidup menjadi produktifitas ekonomi tinggi bagi petani penggarap kawasan hutan dan masyarakat sekitarnya. Konsep ini selaras dengan prinsip SDG's yaitu kesejahteraan sosial, pemulihan lingkungan (kawasan hutan) dan ekonomi produksi, melalui skema perhutanan sosial yang mampu memberikan pertumbuhan ekonomi (growth), adil dan setara (equality), dan berkelanjutan.

Dengan demikian perhutanan sosial harus menjadi suatu kebijakan yang inklusif, dalam artian tidak menjadi kebijakan sektoral kehutanan, melainkan menjadi perhatian bersama. Untuk menjadi perhatian bersama, diperlukan suatu kerja bersama yang saling membutuhkan dan saling memberi manfaat bagi pengembangan perhutanan sosial yang inklusif. Konsep utama perhutanan sosial yang inklusif mempertemukan antara sumber (source) modal, dana, pengetahuan, teknologi, pasar, dan lain-lain dengan sumber (source) sosial, tenaga kerja (petani penggarap, pendamping petani, desa, dan lain-lainnya).

1.1 Solusi Degradasi dan Deforestasi

Permasalahan utama di hutan Jawa adalah tingginya tingkat degradasi dan deforestasi. Badan Usaha Milik Negara yang bertanggung jawab atas pengelolaan kawasan hutan negara di Jawa, pada periode tertentu mengendalikan luas lahan kawasan hutan sebanyak 2,4 juta hektar. Namun, pengelolaan kawasan hutan oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) ini menghadapi tantangan berat. Terjadi degradasi dan deforestasi yang tidak dapat dihindari di beberapa bagian dari kawasan hutan negara yang mereka kelola. Berdasarkan analisis citra satelit yang dilakukan oleh Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah XI – Jawa Madura (BPKH XI) pada tahun 2003, dari total lahan seluas 2.442.101 hektar yang dikelola oleh negara, sekitar 67,8% masih merupakan hutan dengan tutupan pohon, sementara 32,2% telah mengalami degradasi dan tidak lagi memiliki tutupan hutan, disebut sebagai "gundul." Dari lahan gundul tersebut, sekitar sepertiga berada di dalam kawasan lindung.

Pada tahun 2017, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mengidentifikasi bahwa ada lebih dari 1.127.073 hektar lahan yang telah kehilangan tutupan hutan selama lebih dari lima tahun. Hal ini merupakan tantangan serius bagi negara dalam upaya menjaga fungsi ekologi kawasan hutan di Jawa dan juga menjaga keseimbangan ekosistem Pulau Jawa secara keseluruhan.

Perhutanan sosial menjawab masalah tersebut dengan memulihkan kawasan hutan gundul menjadi hutan yang produktif. Masyarakat yang tinggal di sekitar hutan

mengelola hutan dan menanam pohon tegakan, cash crop dan tanaman musiman lainnya untuk dapat memberikan kontribusi ekologis maupun ekonomis.



Gambar 1. Kondisi Sebelum dan Sesudah dikelola oleh Perhutanan Sosial

1.2 Pengelolaan Hutan dan Emisi Karbon

Pengelolaan hutan oleh masyarakat pribumi yang disebut "indigenous pengelolaan hutan" mengacu pada praktik-praktik tradisional dan pengetahuan lokal yang dimiliki oleh komunitas adat atau masyarakat pribumi dalam menjaga, merawat, dan menggunakan hutan dan sumber daya alam lainnya di wilayah mereka. Ini adalah pendekatan berkelanjutan yang telah ada selama berabad-abad dan diakui sebagai salah satu cara yang efektif untuk melestarikan hutan dan ekosistemnya.

Hutan memiliki kemampuan mengurangi efek rumah kaca dengan kemampuannya untuk menyerap emisi karbon yang dihasilkan oleh aktivitas industri maupun manusia. Hutan dan Emisi karbon memiliki hubungan yang erat karena bearnya fungsi hutan dalam mengurangi emisi

karbon. Hutan adalah salah satu penyerap karbon alamiah terbesar di dunia. Pohon-pohon dan vegetasi hutan menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer selama proses fotosintesis dan menyimpannya dalam biomassa mereka. Ini membantu mengurangi jumlah CO₂ dalam atmosfer dan membantu mengendalikan perubahan iklim. Ketika hutan dirobohkan atau dibakar, karbon yang tersimpan dalam pohon dan tanah hutan dilepaskan ke atmosfer sebagai emisi karbon.

Deforestasi adalah salah satu penyebab utama emisi karbon dioksida, dan ini berdampak besar pada pemanasan global. Perubahan penggunaan lahan, seperti konversi hutan menjadi lahan pertanian atau perkotaan, juga menghasilkan emisi karbon. Proses ini melibatkan penebangan pohon, pengeringan lahan basah, dan aktivitas lainnya yang melepaskan karbon yang tersimpan.

Meningkatkan pengelolaan hutan dan konservasi hutan dapat menjadi bagian penting dalam strategi mitigasi perubahan iklim. Melindungi hutan yang ada, mengembangkan hutan baru, dan mendorong praktik kehutanan berkelanjutan dapat membantu mengurangi. REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*) merupakan kerangka kerja internasional yang bertujuan untuk mengurangi emisi karbon yang berasal dari deforestasi dan degradasi hutan di negara-negara berkembang. Ini melibatkan pembayaran. Penggunaan kayu dan produk kayu dari hutan yang dikelola secara berkelanjutan dapat menjadi sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil. Hutan juga terlibat dalam siklus karbon

global, di mana CO₂ diambil dari atmosfer melalui fotosintesis dan dilepaskan kembali melalui dekomposisi bahan organik. Keseimbangan antara penyerapan dan pelepasan karbon ini penting dalam mengatur kadar CO₂ atmosfer.

1.3 Carbon accounting

Kegiatan reforestasi yang dilakukan oleh petani telah memberikan dampak pengembalian hutan yang gundul menjadi produktif. Proses penghijauan kembali hutan merupakan proses untuk memberdayakan kemampuan hutan sebagai penyerap emisi karbon, Penelitian mengenai daya serap dan konversi karbon oleh hutan dilakukan oleh beberapa peneliti (Raihan et al., 2019; Fahey et al., 2010; McKechnie et al., 2011; Lippke et al., 2011; Eriksson et al., 2007; Cabiyo et al., 2021). Sementara itu, beberapa penelitian menganalisis mengenai carbon offset dari hutan atas efek rumah kaca (Sapkota & White 2020; Lütjens et al., 2019; Cameron et al., 2019) dan carbon offset hutan di Indonesia (Hein J2019; Miles 2021). Penelitian di bidang akuntansi dan manajemen mengenai emisi gas rumah kaca berfokus pada pengungkapan emisi karbon yang dilakukan oleh perusahaan di berbagai negara (Bui 2020; Velte et.al., 2020; Pitrakkos and Maroun 2020; Christensen et.al., 2019; Christensen et.al., 2020), pengungkapan karbon dan kinerja keuangan (Hapsoro & Falih 2020; Alsaifi et.al., 2020) dan pentingnya pengungkapan karbon untuk pengguna laporan keuangan dalam pengambilan keputusan (Choi et al., 2021; Al Rabab'a et al., 2021). Penelitian mengenai pengungkapan berfokus pada pengungkapan emisi karbon yang

dihasilkan oleh industri atau perusahaan dengan parameter target penurunan emisi yang dituangkan dalam Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) yakni 29% tiap tahun.

Pemodelan imbal balik jasa lingkungan dalam hal ini akan diberlakukan bagi perusahaan yang tidak dapat memenuhi ketentuan penurunan emisi GRK, sehingga perlu memberikan kompensasi dengan cara mengkonversi emisi karbon GRK menjadi bea-subsidi bagi pengelolaan dan konservasi hutan. Hal itu diimplementasikan dengan kegiatan di bawah ini:

1. Analisis kondisi vegetasi hutan dengan teknik inventarisasi vegetasi. Langkah ini dilakukan guna mengetahui kondisi vegetasi atau tumbuhan hutan secara kualitatif. Adapun yang dianalisis adalah frekuensi, density, Frekuensi relatif, Densiti relatif, Indeks Nilai penting (INP), Indeks Keragaman atau *Diversity* (ID). Hasil dari kegiatan ini dapat menunjukkan tingkat kelestarian suatu jenis tumbuhan, serta menentukan skala prioritas konservasi bagi tumbuhan yang indeks keragamannya rendah.
2. Analisis biomasa vegetasi (Jenis Pohon tegak, semak belukar, tumbuhan tanah) menggunakan persamaan *biomass expansion factor* (BEF). Kegiatan ini akan menghitung kondisi kualitatif tumbuhan meliputi Volume, Berat Jenis, untuk kemudian dikonversi menjadi berat karbon.

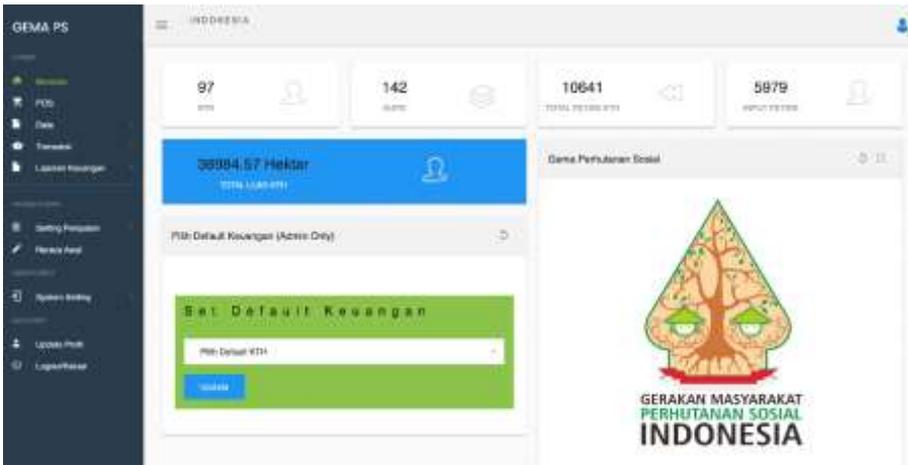
Penelitian ini telah melakukan identifikasi awal mengenai berbagai macam tumbuhan yang ditanam oleh petani

perhutanan sosial. Proses identifikasi ini dilakukan melalui sistem yang mampu menyimpan data-data tumbuhan yang ditanam oleh petani di lokasi perhutanan sosial. Sentuhan teknologi sangat dibutuhkan untuk dapat mencatat data yang besar dan untuk meningkatkan tata kelola organisasi. Teknologi tersebut dikembangkan dengan mempertimbangkan aspek “user friendly” sehingga bisa digunakan oleh masyarakat petani atau akar rumput.

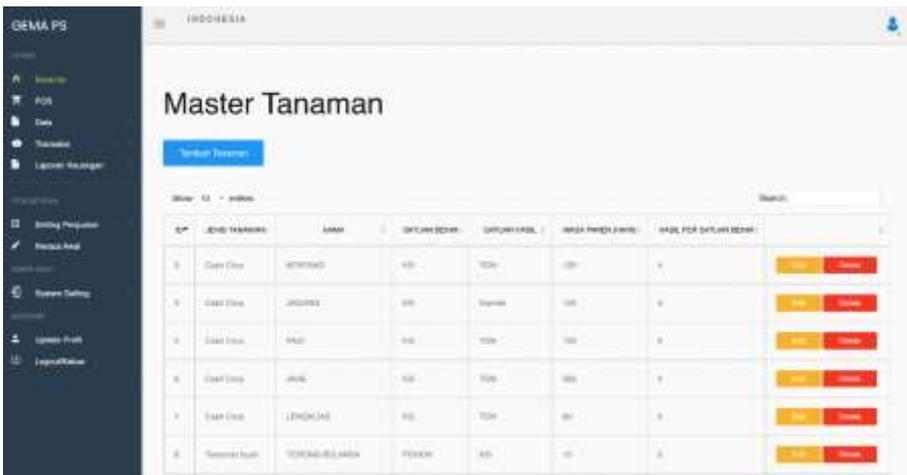
Penelitian ini menggunakan sistem e-supply chain yang sebelumnya telah dikembangkan peneliti yang memiliki kemampuan mengidentifikasi waktu tanam, lokasi, jenis tanaman, umur tanaman sampai dengan waktu panen. Dengan sistem e-supply chain, maka dapat diketahui tanaman mayoritas dari perhutanan sosial. Hal ini akan memudahkan peneliti dan Yayasan Gerakan Masyarakat Perhutanan Sosial dalam mengidentifikasi potensi daya serap karbon perhutanan sosial. Sistem ini juga mampu mengidentifikasi data petani dan lokasi tanam sehingga akan memberikan informasi mengenai lokasi dengan daya serap karbon paling tinggi berdasarkan jenis tanaman yang ditanam oleh petani.

Sistem tersebut dibangun berbasis web, sehingga bisa diakses dengan mudah melalui media apapun termasuk telepon genggam. Sistem otorisasi sistem dilakukan secara berjenjang, sehingga pengurus GEMA perhutanan sosial akan memiliki otorisasi akses yang lebih tinggi dibandingkan dengan koordinator Kelompok Tani Hutan (KTH). Koordinator KTH merupakan pihak yang akan

mengisi data detail petani dan lahan hutannya dan mengisi master tanaman.



Gambar 2. Sistem E-supply Chain Perhutanan Sosial



Gambar 3. Data Master Tanaman pada Sistem E-Supply Chain Perhutanan Sosial

Penelitian ini melakukan kegiatan penelitian lapangan untuk mengambil sampel kayu dari lokasi perhutanan sosial. Peneliti mengambil sampel pohon jati, sengon dan balsa yang mewakili vegetasi dominan di wilayah perhutanan sosial.

Dalam eksperimen, peneliti menganalisis ketiga jenis tegakan yang dikeringkan dengan alat pengering kayu. Peneliti terjun ke lokasi dan membeli kayu untuk uji coba, melakukan pengeringan kayu dan menghitung koefisien penghitungan biomasa. Di perhutanan sosial, terdapat 104 Kelompok Tani Hutan (KTH). Survey dan pengambilan sampel untuk biomasa hutan, berlokasi di KTH Sukobubuk rejo Desa Sukobubuk Kec. Margorejo Kab. Pati. Teknik Ploting adalah

- 1) Ploting area sebanyak 3 plot mewakili 1% luas hutan. Ploting meliputi 3 habitat vegetasi tanaman tegakan yaitu Balsa, Sengon dan Jati
- 2) Pengambilan sampel pohon dominan (Balsa, sengon, dan jati). Dihitung volume kayu dan ditimbang berat basah
- 3) Selanjutnya melakukan pengeringan oven kayu dan ditimbang berat keringnya

1.3.1 Analisis kondisi vegetasi (Inventarisasi vegetasi hutan)

Dalam analisis ini, dilakukan penentuan luas petak pengamatan sampel. Dalam aktivitas ini, besarnya kuadrat yang dipergunakan ditentukan berdasarkan habitus atau jenis perawakan dari suatu vegetasi yaitu:

- a. golongan herba dengan ukuran kuadrat = 1 m x 1m

- b. golongan semak dengan ukuran kuadrat = 5 m x 5 m, dan
- c. golongan pohon dengan ukuran kuadrat = 20 m x 20 m.

1.3.2 Penentuan Petak Sampel

Penentuan jumlah dan luas petak pengamatan, mengacu pada Indiyarto (2006), sebagai berikut:

$$\text{Luas yang diamati} = 1\% \times \text{Luas areal hutan}$$

$$\text{Jumlah Ploting} = \frac{\text{Luas yang diamati}}{\text{Luas petak Ukur}}$$

1.3.3 Inventarisasi vegetasi

Tahap berikutnya dalam eksperimen adalah mengambil data inventarisasi vegetasi dengan mencatat jenis dan jumlah masing-masing vegetasi yang ada dalam ploting, untuk kemudian ditentukan frekuensi, density, frekuensi relatif, densitas relatif, Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Keragaman atau Diversity (ID).

Angka tersebut akan digunakan untuk menilai kondisi vegetasi pada hutan dan menentukan skala prioritas konservasi. Adapun rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Jumlah titik dijumpai dari suatu jenis}}{\text{Jumlah semua titik pengamatan}}$$

$$\text{Density} = \frac{\text{Jumlah suatu jenis yang ditemukan}}{\text{Jumlah seluruh jenis yang ditemukan}}$$

$$\text{Dominansi} = \frac{\text{Total basal area/luas tajuk suatu jenis}}{\text{Luas area cuplikan/area minimal}}$$

$$\text{Frekuensi relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100 \%$$

$$\text{Density relatif (DR)} = \frac{\text{Densitas suatu jenis}}{\text{Densitas seluruh jenis}} \times 100 \%$$

$$\text{Dominansi relatif (DoR)} = \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Dominansi seluruh jenis}} \times 100 \%$$

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{FR} + \text{DR} + \text{DoR}$$

$$\text{Indeks Diversity (ID) } H = -\sum (ni/N) \log (ni/N)$$

1.3.4 Menghitung biomasa (daya serap karbon)

Pada tahap ini, peneliti menghitung daya serap biomasa tumbuhan untuk dikonversi ke satuan CO₂. Setelah data vegetasi dikumpulkan, dilakukan juga inventarisasi vegetasi secara kualitatif yang meliputi Volume vegetasi, berat jenis (Berat basah dan berat kering), dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Volume (Cm}^3\text{)} &= \pi r^2 \times t \\ \text{BJ (g Cm}^{-2}\text{)} &= \frac{\text{Berat Kering (g)}}{\text{Volume (Cm}^3\text{)}} \end{aligned}$$

Setelah ditemukan data kualitatif tersebut, maka dilanjutkan dengan menghitung biomassa atau kemampuan serapan karbon pada vegetasi, dengan menggunakan rumus persamaan biomass expansion factor (BEF) sebagai berikut:

$$Bap = v \times BJ \times BEF \times f$$

Keterangan:

- Bap : biomassa atas permukaan (pohon), (kg);
- v : volume kayu bebas cabang, (m³);
- BJ : berat jenis kayu, (kg/m³);
- BEF : biomass expansion factor (1,67 default).
- f : faktor angka bentuk pohon (default 0,7)

1.4 Indigenous Pengelolaan Perhutanan Sosial

Pengelolaan hutan oleh masyarakat pribumi atau pribumi yang disebut "indigenous pengelolaan hutan" mengacu pada praktik-praktik tradisional dan pengetahuan lokal yang dimiliki oleh komunitas adat atau masyarakat pribumi dalam menjaga, merawat, dan menggunakan hutan dan sumber daya alam lainnya di wilayah mereka. Pengambilan sampel untuk biomasa hutan, berlokasi di KTH Sukobubuk rejo Desa Sukobubuk Kec. Margorejo Kab. Pati.

Pengelolaan hutan oleh masyarakat pribumi atau pribumi disebut sebagai pengelolaan hutan adat atau pengelolaan hutan oleh komunitas pribumi. Ini adalah praktik tradisional di mana kelompok-kelompok masyarakat lokal, terutama komunitas pribumi atau suku-suku asli, mengelola dan memanfaatkan sumber daya hutan di wilayah mereka.

Berikut adalah beberapa ciri-ciri dan aspek penting dari pengelolaan hutan oleh masyarakat adat:

1. Pengetahuan Tradisional

Berkaitan dengan hutan, masyarakat adat memiliki pengetahuan tradisional yang kaya tentang hutan,

termasuk pemahaman tentang spesies tumbuhan dan hewan, musim pertumbuhan, pola pergerakan binatang, serta teknik-teknik pemburu dan pengumpul yang berkelanjutan. Hal ini membantu menghindarkan hutan dari penebangan dan perburuan liar yang tidak terkendali atau yang menggunakan metode dan alat yang merusak hutan. Pengetahuan tradisional yang dimiliki masyarakat adat termasuk pemahaman tentang tanaman obat-obatan, kayu-kayuan, dan hewan liar. Pengetahuan ini diwariskan dari generasi ke generasi dan merupakan aset penting dalam pengelolaan hutan adat.

2. Kehidupan Berkelanjutan

Pendekatan ini berfokus pada penggunaan sumber daya hutan dengan cara yang memungkinkan kehidupan yang berkelanjutan bagi masyarakat adat. Hal ini melibatkan praktik-praktik seperti rotasi tanam, pemilihan spesies yang tepat untuk ditebang, dan pemeliharaan lahan yang berkelanjutan. Masyarakat di sekitar hutan memiliki kesadaran untuk menjaga dan memelihara hutan agar menjadi area berkelanjutan. Pengelolaan hutan oleh masyarakat sering bertujuan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, sosial, dan budaya komunitas pribumi. Ini dapat mencakup pemanfaatan kayu, hasil hutan non-kayu, dan sumber daya hutan lainnya dengan cara yang berkelanjutan.

3. Spiritualitas dan Kebudayaan

Bagi masyarakat adat, hutan sering memiliki nilai spiritual dan budaya yang tinggi. Mereka dapat mengaitkan aspek-aspek tertentu dari hutan dengan mitologi atau kepercayaan mereka, yang mendorong mereka untuk menjaga hutan dengan penuh hormat. Di beberapa daerah di negara berkembang, masih dilakukan praktik-praktik adat lokal dan kepercayaan pada saat musim tanam dan musim panen.

4. Kepemilikan Tradisional

Masyarakat adat sering memiliki hak kepemilikan tradisional atas tanah dan sumber daya hutan di wilayah mereka. Hak-hak ini sering diakui oleh hukum adat dan, di beberapa kasus, oleh hukum nasional. Hak ini mencakup hak untuk mengatur akses, penggunaan, dan pengelolaan sumber daya hutan.

5. Keterlibatan dalam pengambilan keputusan

Dalam pengelolaan hutan oleh masyarakat adat, komunitas memiliki peran penting dalam pengambilan keputusan tentang bagaimana sumber daya hutan akan digunakan. Mereka dapat memiliki aturan komunal untuk mengatur penggunaan sumber daya ini. Aturan komunal ini biasanya disepakati oleh masyarakat adat dan menjadi legitimasi untuk menjaga hutan. Masyarakat adat memiliki kecenderungan untuk mentaati peraturan tersebut dan menghindari sanksi sosial yang diakibatkan pelanggaran pada aturan yang disepakati.

6. Pelestarian Keanekaragaman Hayati

Praktik pengelolaan hutan oleh masyarakat adat sering berkontribusi pada pelestarian keanekaragaman hayati. Mereka cenderung lebih memperhatikan ekosistem dan berusaha untuk mempertahankan keseimbangan alam. Kesadaran masyarakat adat ini tumbuh karena hutan memberikan penghidupan kepada mereka sehingga mereka cenderung memberikan imbal balik kepada alam dengan menjaga alam sebaik-baiknya.

7. Perlindungan Hak Asasi Manusia

Dalam hal ini, penting untuk memastikan bahwa hak asasi manusia komunitas pribumi dilindungi dalam pengelolaan hutan adat. Ini termasuk hak atas tanah, air, pangan, budaya, dan partisipasi dalam pengambilan keputusan yang mempengaruhi kehidupan mereka.

Pentingnya pengelolaan hutan adat oleh komunitas pribumi adalah untuk menjaga keanekaragaman hayati, mendukung mata pencaharian mereka, dan melestarikan budaya dan tradisi mereka. Pengelolaan hutan adat seringkali menghadapi tantangan, seperti ancaman dari pembangunan infrastruktur, perubahan iklim, dan tekanan ekonomi, yang dapat mengancam kelangsungan hidup komunitas pribumi dan ekosistem hutan yang penting. Masuknya industrialisasi, kepentingan penguasa, atau kepentingan kapital seringkali mengakibatkan konflik masyarakat adat yang tinggal di sekitar hutan dengan pihak-pihak tersebut. Oleh karena itu, perlindungan dan pengakuan hak-hak komunitas pribumi terhadap hutan

adat mereka menjadi isu penting dalam konservasi alam dan pembangunan berkelanjutan.

Dalam kaitannya dengan pelestarian lingkungan, masyarakat lokal memiliki peran besar dalam menjaga proses tersebut. Hal ini karena banyak komunitas pribumi memiliki pengetahuan dan praktik-tradisi yang telah terbukti berkelanjutan selama bertahun-tahun dalam menjaga keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem hutan.

1.4.1. Pengelolaan Hutan Oleh Masyarakat Pribumi dan Pelestarian Lingkungan

Beberapa cara dapat dilakukan oleh masyarakat pribumi agar hutan dapat mendukung lingkungan yang berkelanjutan. Pengelolaan hutan oleh komunitas pribumi atau pribumi juga memiliki dampak signifikan pada penyerapan dan pelepasan karbon di atmosfer. Pengelolaan hutan adat dapat berkontribusi positif dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengatasi perubahan iklim melalui beberapa cara:

1. **Penyimpanan Karbon:** Hutan-hutan yang dikelola secara berkelanjutan berfungsi sebagai penyimpan karbon alami. Pohon-pohon dan vegetasi hutan mengabsorpsi karbon dioksida (CO₂) dari udara melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam biomassa mereka. Komunitas pribumi yang merawat hutan-hutan ini membantu menjaga hutan tetap utuh, yang pada gilirannya membantu dalam penyimpanan karbon.

2. **Mencegah Deforestasi:** Praktik pengelolaan hutan adat yang berkelanjutan seringkali melibatkan pembatasan pembukaan hutan yang tidak terkendali atau deforestasi. Dengan mencegah deforestasi, komunitas pribumi membantu mencegah pelepasan karbon yang disimpan dalam pohon-pohon dan tumbuhan hutan ke atmosfer.
3. **Mengurangi Kebakaran Hutan:** Pengelolaan hutan adat yang efektif juga mencakup pencegahan dan pengendalian kebakaran hutan. Kebakaran hutan dapat melepaskan jumlah karbon yang besar ke atmosfer. Komunitas pribumi yang terlibat dalam pengelolaan hutan sering memiliki sistem pengawasan dan pemadaman kebakaran yang dapat membantu mengurangi risiko kebakaran hutan.
4. **Penggunaan Kayu yang Berkelanjutan:** Komunitas pribumi sering memiliki praktik berkelanjutan dalam pemilihan kayu dan penebangan pohon. Ini dapat meminimalkan pelepasan karbon yang terkait dengan proses penebangan dan pengolahan kayu.
5. **Pendekatan Berbasis Masyarakat:** Pendekatan pengelolaan hutan berbasis masyarakat yang melibatkan komunitas pribumi dalam pengambilan keputusan dan perlindungan hutan dapat meningkatkan upaya pelestarian karbon. Ketika komunitas memiliki pemiliknya, mereka lebih cenderung menjaga hutan secara berkelanjutan.
6. **Pendukung Perlindungan Karbon:** Beberapa program internasional yang bertujuan untuk mengurangi emisi karbon, seperti Program REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), telah

memberikan insentif keuangan kepada komunitas pribumi dan negara-negara yang berkontribusi pada pengelolaan hutan yang berkelanjutan.

Pengelolaan hutan adat oleh komunitas pribumi, dengan demikian, bukan hanya tentang pelestarian keanekaragaman hayati tetapi juga merupakan bagian integral dalam upaya global untuk mengurangi emisi karbon dan mengatasi perubahan iklim. Pengakuan dan dukungan terhadap praktik-praktik ini tidak hanya penting bagi keberlanjutan lingkungan tetapi juga membantu melindungi dan memperkuat hak-hak komunitas pribumi atas tanah dan sumber daya mereka.

Peneliti melakukan identifikasi perilaku pengelolaan hutan sosial oleh masyarakat lokal untuk dapat mengetahui praktek-praktek pengelolaan hutan yang dijalankan. Dengan mengetahui hal tersebut, peneliti dan rakyat dapat mengetahui kelebihan dan kelemahan dari pengelolaan hutan sosial oleh rakyat loka pribumi, sehingga bisa mengambil Langkah yang diperlukan untuk melakukan perbaikan. Berikut adalah data yang berhasil diperoleh oleh tim peneliti pada saat melakukan identifikasi pengelolaan perhutanan sosial oleh masyarakat lokal pribumi:

Tabel 1. Indigenous dan PET Masyarakat Pengelola Perhutanan Sosial KTH_ Pakis Manungga

No	Pertanyaan	Isian
1	Nama narasumber	1. Pak Us 2. Nanda Saputra 3. Ari Wijaya

No	Pertanyaan	Isian
2	Nama hutan sosial	KTH Pakis Manunggal
3	Lokasi hutan Sosial	Desa Pakis Kecamatan Tambakromo Pati
4	Gambaran umum hutan sosial	KTH membawahi petani- petani dari beberapa desa yang berdampak penting dalam perhutanan sosial
	Luas Hutan	394 ha
	Pengelolaan Hutan	Dikelola oleh masyarakat dari beberapa desa (Pakis, purwokerto
	Kondisi Hutan	Kondisi hutan masih buruk namun masih terus digalakkan penanaman kepada masyarakat sekitar
5	Permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan hutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Masyarakat masih kurang sadar pentingnya menanam, rata- rata masyarakat mencari instan 2. Ketakutan masyarakat untuk menanam, ketidakjelasan penggunaan lahan antara lahan bpk atau perhutani
6	Upaya yang telah atau akan dilakukan dalam menghadapi masalah tersebut	Mengajak masyarakat untuk menanam kembali
7	Dampak perubahan dari upaya yang dilakukan terhadap masalah	Membantu kebutuhan keluarga walaupun tidak signifikan

No	Pertanyaan	Isian
8	Adat budaya lokal yang berkaitan dengan hutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Setiap bulan suro dilakukan barikan (Tolak Bala) masyarakat melakukan iuran kambing dan dilakukan sembelih dan doa bersama untuk memberikan kejelasan kepada masyarakat bahwa kehidupan berasal dari alam 2. Sebagai tolak bala untuk kelangsungan petani
9	Nilai ekologi dari adat tersebut	
10	Dampak dan manfaat adat istiadat tersebut	Sebagai tolak bala untuk kelangsungan petani

Sumber : Data diolah, 2023

Tabel 2. Analisis Indigenous dan PET masyarakat pengelola perhutanan sosial KTH Godo

No	Pertanyaan	Isian
1	Nama narasumber	<ol style="list-style-type: none"> 1. Harnoko 2. Supami 3. Ricky
2	Nama hutan sosial	KTH Godo Sido Makmur
3	Lokasi hutan Sosial	Desa Godo, Winong Pati
4	Gambaran umum hutan sosial	KTH membawahi petani-petani dari beberapa desa yang berdampak penting dalam perhutanan sosial
	Luas Hutan	800 ha
	Pengelolaan Hutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dikelola 560 kk

No	Pertanyaan	Isian
		<ol style="list-style-type: none"> 2. Pengelolaan hutan dibagi menjadi sektor SDA, SDM dan Mandiri oleh masyarakat 3. Dilakukan dengan tumpang tindih
	Kondisi Hutan	Kondisi hutan masih rusak dari 1998- 2020 namun dibarengi dengan reboisasi oleh masyarakat namun pada 3 tahun terakhir sudah mulai membaik dengan adanya gerakan dari masyarakat
5	Permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan hutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Masih terdapat pembalakan liar karena masuk perum perhutani 2. Legalitas perizinan 3. Kesadaran masyarakat yang kurang akan pengelolaan hutan
6	Upaya yang telah atau akan dilakukan dalam menghadapi masalah tersebut	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengajuan perizinan perhutanan sosial ke KLHK 2. Edukasi kepada masyarakat untuk dapat meningkatkan dari segi ekonomi tidak monokultur tapi berbagai macam tanaman
7	Dampak perubahan dari upaya yang dilakukan terhadap masalah	Masyarakat mulai sadar bahwa hutan merupakan sumber dari kehidupan dan masyarakat sadar akan penghijauan

No	Pertanyaan	Isian
8	Adat budaya lokal yang berkaitan dengan hutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sedekah bumi seperti nyadran 2. Terdapat adat pembersihan sendang terutama di bulan suro 3. Mamun kedepannya jika masuk perizinan akan ada sedekah hutan
9	Nilai ekologi dari adat tersebut	Kelestarian sumber daya air karena merupakan sumber air bersih
10	Dampak dan manfaat adat istiadat tersebut	Dengan adanya bukit teletabis dan juga aliran sungai dari sumber dapat digunakan untuk wisata

Sumber: Data diolah, 2023

Tabel 3. Analisis Indigenous dan PET masyarakat pengelola perhutanan sosial KTH SUKOBUBUK

No	Pertanyaan	Isian
1	Nama narasumber	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asep 2. Saman (Ketua) 3. Khoirul 4. Sunaryo 5. Aris 6. Rifai
2	Nama hutan sosial	KTH Sukobubuk Rejo
3	Lokasi hutan Sosial	Dusun Sukobubuk ,Margorejo Pati
4	Gambaran umum hutan sosial	
	Luas Hutan	1300 Ha

No	Pertanyaan	Isian
	Pengelolaan Hutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dalam pengelolaan hutan dalam pengelolaannya yaitu tumpang sari antara pohon kayu dengan palawija 2. Penawaran produk- produk kehutanan (sengon dan balsa) 3. Tanaman buah terdapat mangga, alpukat, durian 4. Tidak lagi terdapat jangkrik 5. Dalam pengelolaan sumber daya manusia 6. Terdapat 1464 petani yang ikut serta 7. Terdapat kurang lebih 80 orang untuk pengurus dan koordinator 8. Terdapat 24 blok yang mengkoordinir 30- 40 anggota 9. Manajemen operasional terdapat perhutanan, tanaman dan juga peternakan yang ikut serta dalam operasional 10. Dalam sumber daya keuangan dilakukan iuran kelompok sebesar Rp 500.000/ petani untuk digunakan sebagai modal awal
	Kondisi Hutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kondisi hutan dengan tumpang sari berupa

No	Pertanyaan	Isian
		<p>tanaman palawija, Sengon, Balsa, MPTS</p> <p>2. Dalam setiap bidang garapan terhadap tanaman kayu</p>
5	Permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan hutan	<p>1. Defisit dana dimana terdapat pos- pos yang tidak mendapatkan pendanaan namun tetap berjalan</p> <p>2. Adanya kekurangan sumber daya manusia dalam manajerial yang dalam pelaksanaannya kurang memadai</p>
6	Upaya yang telah atau akan dilakukan dalam menghadapi masalah tersebut	<p>1. Penambahan skala usaha</p> <p>2. Diadakan penyuluhan dan penelitian yang diadakan untuk menambah pengetahuan</p>
7	Dampak perubahan dari upaya yang dilakukan terhadap masalah	<p>1. Usaha cenderung naik namun masih tetap naik turun dan terus ada tren positif</p> <p>2. Kualitas sumber daya manusia relatif meningkat</p>
8	Adat budaya lokal yang berkaitan dengan hutan	<p>1. Nyadran makam yang dilakukan sebelum puasa dan idul fitri</p> <p>2. Sedekah bumi</p>
9	Nilai ekologi dari adat tersebut	Tidak berdampak pada ekologi

No	Pertanyaan	Isian
10	Dampak dan manfaat adat istiadat tersebut	-

Sumber: Data diolah, 2023

Tabel 4. Analisis Indigenous dan PET masyarakat pengelola perhutanan sosial KTH DUREN SAWIT

No	Pertanyaan	Isian
1	Nama narasumber	1. Didik Muryanto 2. Suparlan 3. Teteng 4. Sigit
2	Nama hutan sosial	KTH Hutan Tanggulasi
3	Lokasi hutan Sosial	Desa Durensawit
4	Gambaran umum hutan sosial	Berada di pegunungan kendeng utara, lokasi batuan kapur, karena kondisi lingkungan yang ada maka tanaman yang cocok adalah tumbuhan jati, namun pada tahun 2000 mulai terjadi kerusakan hutan dikarenakan banyak yang menginginkan kayu jati
	Luas Hutan	634 ha
	Pengelolaan Hutan	1. Masyarakat diikutsertakan dalam program 2. Termasuk didalamnya penanaman dan pengelolaan
	Kondisi Hutan	1. Kondisi hutan mengalami kerusakan sebesar 80%

No	Pertanyaan	Isian
		2. Kondisi lahan hanya terlihat batu kapur
5	Permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan hutan	1. Ketidakjelasan legalitas pengelolaan lahan dari pemerintah 2. Ketidakterediaan anggaran
6	Upaya yang telah atau akan dilakukan dalam menghadapi masalah tersebut	Dengan keterbatasan dana namun masyarakat dengan mandiri melaksanakan reboisasi melalui bimbingan pemerintahan desa
7	Dampak perubahan dari upaya yang dilakukan terhadap masalah	1. Dampak belum terlihat signifikan 2. Terdapat beberapa tanaman seperti kedondong, mangga, jeruk, pisang
8	Adat budaya lokal yang berkaitan dengan hutan	1. Sedekah bumi di beberapa tempat di seluruh desa yang berada disetiap dukuh dan RT 2. Pemangku adat yang berada dekat di dekat sumber air berupa keberlangsungan pengetahuan dari sumber mata air yang ada Penanaman pohon di dekat sumber air
9	Nilai ekologi dari adat tersebut	Keberlangsungan ekologi berupa penanaman pohon pada sumber air
10	Dampak dan manfaat adat istiadat tersebut	Mengetahui peran penting hutan bagi kehidupan manusia

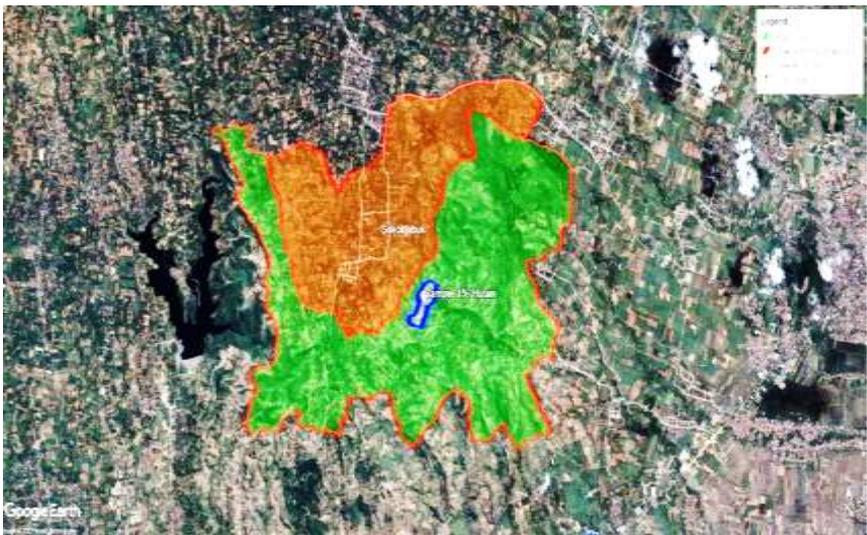
Sumber: Data diolah, 2023

1.4.2 Analisis Vegetasi Hutan Dan Analisis Serapan Karbon (Biomassa) Hutan KTH Sukobubuk Rejo Kab. Pati

Profil KTH Sukobubuk

Hutan Sukobubuk yang dikelola oleh Kelompok Tani Hutan (KTH) Sukobubuk Rejo di Kabupaten Pati. KTH ini memperoleh ijin pengelolaan lahan Perhutani seluas lebih dari 1.300 hektar untuk dikelola dan digunakan bercocok tanam.

Survey dilakukan dalam rangka mengetahui kondisi vegetasi yang ada di perhutanan sosial, serta untuk mengetahui potensi daya serap biomassa atau karbonnya. Dalam kegiatan ini, dilakukan pengambilan sampel yang difokuskan pada lokasi hutan Sukobubuk yang dikelola oleh KTH Sukobubuk Rejo.



Gambar 4. Peta lokasi yang diambil dari Google Earth

Secara rinci, eksperimen dan analisis dilakukan melalui beberapa tahapan:

1. Analisis Vegetasi Hutan KTH Sukobubuk Rejo

Analisis vegetasi menjadi langkah awal pemetaan kondisi hutan KTH Sukobubuk Rejo. Untuk dapat mengetahui sampel dan ukurannya, langkah yang dilakukan pertama adalah menentukan luas dan ploting sampel. Untuk menentukan jumlah dan luas petak pengamatan, mengacu pada [7] sebagai berikut:

- 1) *Luas yang diamati* = 1% X Luas areal hutan
- 2) *Jumlah Ploting* = $\frac{\text{Luas yang diamati}}{\text{Luas petak Ukur}}$

Berdasarkan perhitungan rumus di atas, luas yang diamati seluas 13 Ha, dan Jumlah ploting sample diukur kembali berdasarkan pembagian antara luas area habitat vegetasi yang diamati. Adapun luas habitatnya adalah Jati 18 Ha, Balsa 0,8 Ha, dan Sengon 2,5 Ha dengan tipe kuadran ploting untuk jenis pohon sebesar 20 x 20 m² [8] . Berdasarkan perhitungan tersebut, jumlah ploting area dapat ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 5. Jumlah Plotting

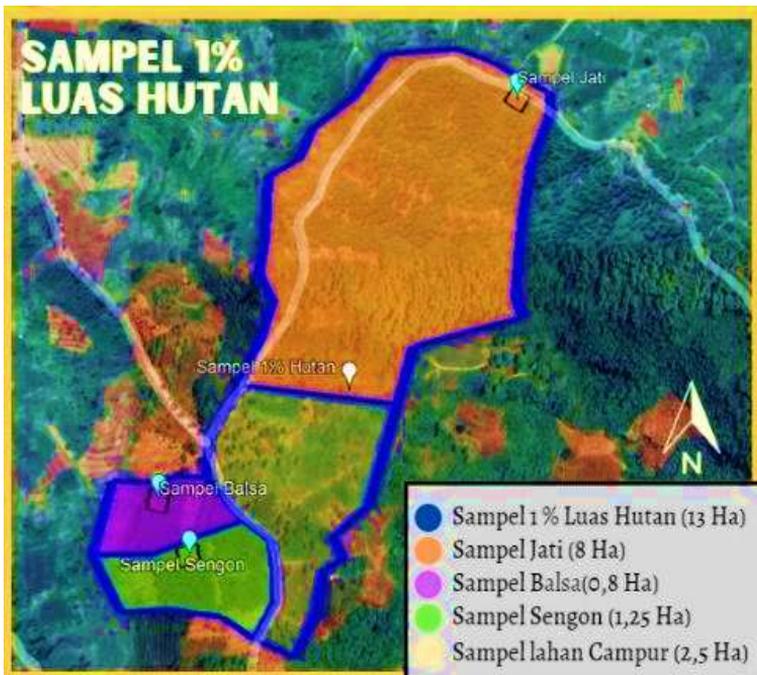
No	Habitat	Luas Habitat (Ha)	Luas Habitat (m ²)	Jumlah Plotting
1	Jati	8	80.000	200
2	Balsa	0,8	8.000	20
3	Sengon	2,5	25.000	62,5

Sumber: Data sekunder diolah, 2023

Tim memiliki kesulitan dalam melakukan pengambilan sampel akibat beratnya medan, sehingga pengambilan sampel dilakukan sebanyak 1 plot pada masing-masing habitat, sehingga 1 ploting satu habitat mewakili ketentuan jumlah plotting yang seharusnya ada. Sehingga terlihat pada tabel bahwa:

- 1) untuk Jati, 1 plot mewakili 200 plot vegetasi jati,
- 2) untuk Balsa, 1 plot mewakili 20 plot vegetasi balsa,
- 3) dan untuk Sengon, 1 plot mewakili 63 plot vegetasi sengon.

Dari tabel 5 kemudian dilakukan pemetaan lapangan dan citra satelit, diperoleh gambar area sampel sebagai berikut:



Gambar 5. Area Sampel

Gambar tersebut menggambarkan lokasi pengambilan sampel berdasarkan habitat vegetasi. Setelah diperoleh data vegetasi dari lapangan, data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan informasi mengenai frequency, density, dominansi, angka relativitas, Indeks angka penting (INP), dan Indeks Diversity (ID) [9], dengan rumus berikut:

- 1) $Frekuensi = \frac{Jumlah\ titik\ dijumpai\ dari\ suatu\ jenis}{Jumlah\ semua\ titik\ pengamatan}$
- 2) $Density = \frac{Jumlah\ suatu\ jenis\ yang\ ditemukan}{Jumlah\ seluruh\ jenis\ yang\ ditemukan}$
- 3) $Dominansi = \frac{Total\ basal\ area/luas\ tajuk\ suatu\ jenis}{Luas\ area\ cuplikan/area\ minimal}$
- 4) $Frekuensi\ relatif\ (FR) = \frac{Frekuensi\ suatu\ jenis}{Frekuensi\ seluruh\ jenis} \times 100\ \%$
- 5) $Density\ relatif\ (DR) = \frac{Densitas\ suatu\ jenis}{Densitas\ seluruh\ jenis} \times 100\ \%$
- 6) $Dominansi\ relatif\ (DoR) = \frac{Dominansi\ suatu\ jenis}{Dominansi\ seluruh\ jenis} \times 100\ \%$
- 7) $Indeks\ Nilai\ Penting\ (INP) = FR + DR + DoR$
- 8) $Indeks\ Diversity\ (ID)\ H = -\sum (ni/N) \log (ni/N)$

Rumus tersebut kemudian diolah dalam bentuk formula hitung tabel excel, dan menghasilkan data berikut:

Tabel 6. Perhitungan Vegetasi Hutan Area Sampel

No	Nama Vegetasi	Frekuensi	Densiti	Dominansi (Ha)	Frekuensi relatif	Densiti relatif	Dominansi relatif	Indeks Nilai Penting (INP)	Indeks Diversity (ID)
1	Balsa	0,070671378	0,057071378	0,061538462	0,070671378	0,057116032	0,07079646	0,19858387	0,078055196
2	Sengon	0,222614841	0,379251036	0,192307692	0,222614841	0,379547766	0,221238938	0,823401545	0,154115951
3	Jati	0,706713781	0,562895786	0,615384615	0,706713781	0,563336202	0,707964602	1,978014585	0,11926885

Sumber: Data sekunder diolah, 2023

Kriteria nilai indeks keanekaragaman yang digunakan adalah kriteria Shannon-Wiener (H') yaitu: 1) $H' < 1$ = keanekaragaman rendah, 2) $1 < H' < 3$ = keanekaragaman sedang, dan 3) $H' > 1$ = keanekaragaman tinggi [10]. Melihat kriteria tersebut, dapat disimpulkan bahwa keanekaragaman hayati pada vegetasi pohon Balsa, Sengon, serta Jati di hutan KTH Sukobubuk secara

keseluruhan dapat dikatakan rendah. Hal itu dapat dilihat dari angka Indeks Diversity dari keseluruhan vegetasi yang dihitung masih dibawah angka 1 ($H' < 1$), dengan urutan paling tinggi ke rendah yaitu Sengon 0,154115951, Jati 0,11926885, dan Balsa 0,078055196.

2. Analisis Potensi Biomassa Hutan KTH Sukobubuk rejo

Setelah data vegetasi dikumpulkan, dilakukan juga inventarisasi vegetasi secara kualitatif yang meliputi Volume vegetasi, berat jenis (Berat basah dan berat kering) [8], dengan rumus:

$$1) \text{ Volume (Cm}^3) = \pi r^2 \times t$$

$$2) \text{ BJ (g Cm}^{-2}) = \frac{\text{Berat Kering (g)}}{\text{Volume (Cm}^3)}$$

Setelah ditemukan data kualitatif tersebut, maka dilanjutkan dengan menghitung biomassa atau kemampuan serapan karbon pada vegetasi, dengan menggunakan rumus persamaan biomassa expansion factor (BEF) sebagai berikut:

$$Bap = v \times BJ \times BEF \times f$$

Keterangan:

- Bap adalah biomassa atas permukaan (pohon), (kg);
- v adalah volume kayu bebas cabang, (m³);
- BJ adalah berat jenis kayu, (kg/m³);
- BEF adalah biomass expansion factor (1,67 default).
- f adalah faktor angka bentuk pohon (default 0,7)

Dengan data volume dan berat basah maupun kering vegetasi sampel utama yaitu Balsa, Sengon dan Jati, maka diperoleh data tabulasi sebagaimana berikut:

Tabel 7. Data analisis potensi biomassa hutan KTH Sukobubuk Rejo

No	Jenis Vegetasi Tegakan/ Pohon	total vegetasi dalam habitat	Volume			Berat Basah (Kg/m ³)	Berat Kering (Kg/m ³)	Berat Jenis (Kg/m ³)	BEF	f	Emisi Carbon dalam habitat sample (Kg CO ₂)	Total Emisi dalam 100% hutan KTH (Kg CO ₂ /tahun)
			R/Ruji (m ³)	T/Tinggi (m ³)	Total Volume (m ³)							
1	Balsa	740	0,06	6,5	0,07354286	42,2	33,76	459,052059	1,67	0,7	39,46544	3,946544
2	Sengon	4851	0,075	7	0,12375	35	21	169,69697	1,67	0,7	24,549	2,4549
3	Jati	7200	0,08	4,05	0,08146286	56	42	515,572391	1,67	0,7	49,098	4,9098
Total											11,311244	

Sumber: Data sekunder diolah, 2023

Tabel 7 menunjukkan besaran potensi daya serap karbon dalam biomassa vegetasi hutan KTH sukobubuk rejo. Dari sample vegetasi dominan jenis pohon atau tegakan yang dikumpulkan, diperoleh besaran potensi penyerapan karbon/biomassa sebanyak total 11,311244 ton CO₂/tahun, dengan masing-masing habitat menghasilkan biomassa sebesar Balsa 3,946544 ton, Sengon 2,4549 ton, dan Jati 4,9098 ton CO₂/tahun.



Gambar 6. Proses Pengambilan Sampel

Bab II

Carbon accounting dan Ilmu Bisnis

"Carbon accounting" adalah konsep yang terkait erat dengan ilmu manajemen dan akuntansi, khususnya dalam konteks pengukuran dan pelaporan emisi karbon atau gas rumah kaca yang dihasilkan oleh suatu organisasi atau aktivitas. Beberapa aktivitas yang dilakukan dalam *carbon accounting* adalah sebagai berikut:

1. **Pengukuran Emisi Karbon:** Dalam ilmu manajemen dan akuntansi, organisasi menggunakan metode pengukuran untuk mencatat dan melacak emisi karbon yang dihasilkan oleh operasi mereka. Ini melibatkan pengukuran langsung emisi dari proses produksi, transportasi, dan lainnya, serta pengukuran tidak langsung seperti emisi dari rantai pasokan mereka. pengukuran emisi karbon ini dapat dilakukan dengan beberapa metode hitung dari sektor energi, Fuel atau bahan bakar minyak (BBM), dan juga bangkitan sampah. rumus dasar dari perhitungan karbon berdasarkan persamaan tier adalah

$$\text{Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)} = \text{Data Aktifitas} \times \text{Faktor Emisi}$$

dari rumus dasar tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan satuan jenis sumberdaya pada masing-masing kegiatan, sehingga didapati rumus hitung dari beberapa sektor, diantaranya adalah:

a. Rumus hitung emisi karbon dari energi listrik

$$\text{Electric Emission} = FC.EF$$

Keterangan:

EC : Energy Consumption/ Konsumsi Energi
(Listrik: KWh)

EF : Emisi Factor / Faktor Emisi (Faktor emisi dari energi listrik menggunakan standar regional jamali (Jawa, madura dan Bali) sebesar 0,84) (Pedoman Teknis Perhitungan Emisi GRK Sektor energi, 2014)

b. Rumus hitung emisi karbon dari BBM

$$\text{Fuel Emission} = FC.EF$$

Keterangan:

FC : Fuel Consumption/ Konsumsi BBM
(Liter/jam)

EF : Emisi Factor/ Faktor Emisi (BBM jenis Premium yaitu 0,6)

C. Rumus hitung emisi pada timbunan sampah

$$ECO_2 = TS \times FE$$

Keterangan

ECO₂ : Emisi Karbon dioksida (CO₂)

TS : Timbunan Sampah (Kg)

FE : Faktor Emisi (FE menggunakan FE pada Sampah Campur, default 0,427 Kg CO₂ (A. Devy Muthia Oja 2019))

Berikut merupakan data faktor emisi berdasarkan satuan sumber dan jenis energi:

Tabel 8. Faktor emisi bahan bakar rumah tangga

Jenis BBM	Faktor Emisi
Kayu bakar	1,75 kg CO ₂ / kg kayu bakar
<i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i>	2,98 kg CO ₂ / kg LPG
Minyak Tanah	2,58 kg CO ₂ / liter minyak tanah

Sumber: Petunjuk Teknis Pemantauan Evaluasi dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAD GRK

Tabel 9. Faktor emisi bahan bakar transportasi

Jenis BBM	Faktor Emisi (kg CO ₂ / liter BBM)
Solar (<i>diesel oil</i>)	2,2
Premium (<i>fuel oil</i>)	2,6

Sumber: Petunjuk Teknis Pemantauan Evaluasi dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAD GRK

Tabel 10. Faktor emisi ketenagalistrikan

Sistem Ketenagalistrikan	Baseline Faktor Emisi (kgCO ₂ /kWh)
Jawa-Madura-Bali	0.725
Sumatera	0,743
Kaltim	0,742
Kalbar	0,775
Kateng dan Kalsel	1,273
Sulut, Sulteng, Gorontalo	0,161
Sulsel, Sulbar, Sultra	0,269

Sumber: Petunjuk Teknis Pemantauan Evaluasi dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAD GRK

Tabel 11. Faktor emisi untuk sektor industri

No.	Sumber	Faktor Emisi
1	<i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i>	2,98 Kg CO ₂ /MJ
2	Mobil (Solar)	0,0028 Kg CO ₂ /Km
3	Sepeda Motor	0,014 KgCO ₂ /Km
4	Mobil (Bensin)	0,04 Kg CO ₂ /Km
5	Ketenaga Listrikan Wil. SulSelBarTa	0,269 Kg CO ₂ /kWh
6	Sampah	0,427 Kg CO ₂ /Kg
7	Kertas	0,735 Kg CO ₂ /Kg

Sumber: Modul Pelatihan Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca dan Penghitungan Base-Line bidang Energi, Transportasi dan Industri

Tabel 12. Faktor emisi

Bahan bakar	Faktor Emisi (ton Co ₂ /TJ)			NCV (TJ/Gg)	%C
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Gas alam	56,10	1	0,1	48	73,4%
LPG	63,10	1	0,1	47,3	81,4%
Biodiesel	70,80	3	0,6	27	52,1%
Jet Kerosene	71,50	3	0,6	44,1	86,0%
Kerosen lainnya	71,90	3	0,6	43,8	85,9%
Minyak diesel	74,10	3	0,6	43	86,9%
Minyak residu	77,40	3	0,6	40,4	85,3%
Batubara antrasit	98,30	10	1,5	26,7	71,6%
Batubara bituminous	94,60	10	1,5	25,8	66,6%
Batubara sub-bituminous	96,10	10	1,5	18,9	49,5%
Lignit	101	10	1,5	11,9	32,8%
Kayu/limbah kayu	112	30	4	15,6	47,7%
Biomassa padat lainnya	100	30	4	11,6	31,6%
<i>Black liquor</i>	95,30	3	2	11,8	30,7%
<i>Coke</i>	107	10	1,5	28,2	82,3%

Sumber: Petunjuk Teknis Pemantauan Evaluasi dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAD GRK, IPCC 2006

- 2. Pencatatan dan Pelaporan:** Seperti dalam akuntansi keuangan, organisasi menggunakan sistem pencatatan untuk melacak emisi karbon mereka dari tahun ke tahun. Mereka juga harus melaporkan emisi ini secara transparan, baik kepada pihak internal maupun eksternal, seperti pemegang saham, regulator, atau publik. Ini dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, seperti laporan keberlanjutan, laporan karbon, atau laporan keuangan terintegrasi yang mencakup informasi tentang emisi karbon.

Laporan keberlanjutan memberikan perhatian pada isu-isu di luar kondisi keuangan perusahaan yang terkait dengan isu-isu sosial lingkungan. Selain untuk pemegang saham, laporan ini juga ditujukan pada masyarakat sebagai bentuk tanggung jawab perusahaan yang disampaikan secara transparan. Penyusunan Laporan Keberlanjutan ini juga bertujuan untuk mengkomunikasikan komitmen perusahaan dalam menjalankan bisnis yang berkelanjutan. Laporan berkelanjutan berpijak pada *triple bottom line*, yaitu, *people*, *profit* dan *planet*.

Substansi dari laporan keberlanjutan meliputi tata kelola organisasi yang berkelanjutan, strategi yang berkelanjutan, kebijakan yang berkelanjutan, pelibatan pemangku kepentingan (yang tidak ada dalam laporan keuangan atatau tahunan) dimana perusahaan memberikan respon atas masukan mereka, pengelolaan dampak operasional, aksi dan monitoring serta evaluasi yang berkelanjutan, pengukuran pencapaian kinerja perusahaan dalam aspek keberlanjutan, dan terakhir komitmen perusahaan ke depan.

International Financial Standards Board (IFRS) foundation yang merupakan organisasi pembuat standar akuntansi di dunia sudah mulai membentuk *International Sustainability Standards Board 'ISSB'* yang tugasnya adalah untuk menyusun standar pengukuran dan pelaporan laporan berkelanjutan. Standar yang sudah

dikeluarkan adalah IFRS S1 *General Requirements for Disclosure of Sustainability-related Financial Information* dan IFRS S2 *Climate-related Disclosures*. IFRS S1 mengharuskan entitas untuk mengungkapkan informasi tentang semua risiko dan peluang terkait keberlanjutan yang secara wajar dapat diharapkan mempengaruhi arus kas entitas, aksesnya terhadap pembiayaan, atau biaya modalnya dalam jangka pendek, menengah, atau panjang (secara kolektif disebut sebagai 'risiko dan peluang terkait keberlanjutan yang secara wajar dapat diharapkan mempengaruhi prospek entitas. Sementara itu, IFRS S2 mewajibkan entitas untuk mengungkapkan informasi tentang risiko dan peluang terkait iklim yang berguna bagi pengguna laporan keuangan tujuan umum dalam pengambilan keputusan terkait penyediaan sumber daya kepada entitas.

Kedua standar akan berlaku efektif 1 Januari 2024 dan merupakan stimulus bagi perusahaan untuk perdagangan karbon. Laporan berdasar standar tersebut mengacu pada laporan keberlanjutan yang dapat membantu investor untuk mengakses kualitas, transparansi, dan keandalan laporan yang terkait dengan lingkungan, sosial, dan tata kelola perusahaan.

Secara khusus, laporan keberlanjutan merupakan pendamping laporan keuangan tahunan yang mencakup aspek keuangan, lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja, bahkan sampai dengan

aspek anti korupsi dan integritas. Dalam hal kinerja lingkungan, perusahaan menyampaikan laporan yang pada umumnya berfokus pada pengurangan emisi gas rumah kaca, pengelolaan energi, pengelolaan air dan limbah cair, dan pengelolaan limbah padat.

Laporan keberlanjutan menggunakan Global Reporting Initiative (GRI) sebagai panduan dalam pelaporan. GRI memberikan panduan untuk mengungkapkan aspek lingkungan (*environmental*), sosial (*social*) dan tata kelola (*governance*). Prinsip-prinsip pelaporan sesuai dengan panduan GRI meliputi akurasi, keseimbangan, kejelasan, konteks keberlanjutan, keterbandingan, kelengkapan, ketepatan waktu, dan dapat diverifikasi. Pengungkapan menurut GRI mencakup pengungkapan yang berkaitan dengan (Global Reporting Initiative, 2023):

- a) Material
- b) Energi
- c) Air
- d) Keanekaragaman hayati
- e) Emisi
- f) Limbah
- g) Kepatuhan lingkungan
- h) Penilaian supplier berdasar kinerja lingkungan

Gambar berikut merupakan contoh data kinerja jejak karbon PT Astra Internasional Indonesia pada tahun 2022 yang diambil dari Laporan Keberlanjutan Astra Internasional Indonesia tahun 2022. Laporan keberlanjutan sering mencakup pencatatan dan analisis emisi karbon organisasi. Ini mencakup emisi langsung dari operasi perusahaan (dikenal sebagai *Scope 1 emissions*) dan emisi tidak langsung yang terkait dengan aktivitas perusahaan, seperti penggunaan listrik dan transportasi (*Scope 2 emissions*) serta emisi yang berasal dari rantai pasokan atau kegiatan pelanggan (*Scope 3 emissions*). Laporan ini dapat memberikan gambaran tentang jejak karbon organisasi.

Emisi GRK (Scope 1 dan 2) [SEOJK F.11][GRI 305-1] [GRI 305-2]
 GHG Emissions (Scope 1 and 2)

Emisi Emission	Metric	2020	2021	2022
Scope 1	Ton CO ₂ -eq	3,932,948	3,875,278	4,387,685
Scope 2	Ton CO ₂ -eq	381,626	436,806	471,416
Total	Ton CO ₂ -eq	4,314,574	4,312,084	4,859,101

Emisi Emission	Metric	2020	2021	2022
Biogenic Emission	Ton CO ₂ -eq	891,200	875,265	1,051,066

Sumber: Laporan Keberlanjutan Astra International, 2022

Gambar 7. Data Kinerja Jejak Karbon Astra Internasional 2022

3. Pengembangan Strategi Pengurangan Karbon:

Ilmu manajemen dan akuntansi juga digunakan untuk mengembangkan strategi pengurangan emisi karbon. Organisasi memerlukan rencana untuk mengurangi jejak karbon mereka, yang melibatkan analisis biaya dan manfaat serta alokasi sumber daya yang efisien. Organisasi perlu menyusun *framework* dan sistem manajemen risiko lingkungan, sosial dan tata kelola yang berkaitan dengan perubahan iklim untuk mencapai misi bisnis berkelanjutan. Hal ini mencakup antara lain dalam inovasi dan teknologi hijau yang mereka terapkan untuk mengurangi emisi karbon yang berkaitan investasi dalam energi terbarukan, efisiensi energi, atau teknologi karbon rendah. Organisasi juga harus memiliki upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Hal ini harus didukung dengan pengembangan kompetensi sumber daya manusia yang dapat dilakukan melalui pelatihan-pelatihan yang diselenggarakan perusahaan. Beberapa hal strategis yang dapat dipaparkan dalam laporan keberlanjutan adalah sebagai berikut:

- a) Laporan keberlanjutan dapat mencakup tujuan dan komitmen organisasi dalam mengurangi emisi karbon. Ini bisa mencakup target-target pengurangan emisi dalam jangka pendek dan panjang, serta strategi yang akan diambil untuk mencapainya.
- b) Laporan keberlanjutan dapat menyoroti kemitraan dan kerjasama organisasi dengan

pihak lain dalam upaya mengurangi emisi karbon. Misalnya, organisasi dapat bermitra dengan lembaga nirlaba atau pemerintah untuk mengatasi perubahan iklim.

- c) Laporan keberlanjutan menggambarkan bagaimana keberlanjutan terintegrasi ke dalam strategi bisnis organisasi. Hal ini mencakup bagaimana upaya mengurangi emisi karbon mendukung visi dan misi perusahaan dalam konteks keberlanjutan.

4. **Pengelolaan Risiko dan Peluang:** Seperti manajemen risiko dalam ilmu manajemen, organisasi harus mengidentifikasi risiko yang terkait dengan perubahan iklim dan emisi karbon. Ini dapat melibatkan risiko seperti perubahan peraturan, fluktuasi harga energi, atau reputasi negatif. Sebaliknya, organisasi juga harus mencari peluang dalam menghadapi tantangan ini, seperti pengembangan teknologi ramah lingkungan atau memasuki pasar yang menghargai produk yang berkelanjutan.

5. **Kepatuhan Regulasi:** Ilmu manajemen dan akuntansi memainkan peran penting dalam memastikan bahwa organisasi mematuhi peraturan lingkungan yang berkaitan dengan emisi karbon. Ini termasuk peraturan pemerintah yang mengatur batasan emisi, pelaporan, dan insentif atau hukuman terkait dengan karbon. Dengan demikian, *carbon accounting* adalah bagian integral dari manajemen dan akuntansi

modern, membantu organisasi untuk mengukur, melacak, dan mengelola dampak lingkungan mereka, seiring dengan upaya global untuk mengatasi perubahan iklim. Ini juga menjadi semakin penting karena meningkatnya kesadaran akan tanggung jawab sosial perusahaan dan permintaan dari pemegang saham dan konsumen yang peduli lingkungan.

Melaporkan *carbon accounting* dalam laporan keuangan adalah cara bagi perusahaan untuk mengintegrasikan informasi tentang emisi karbon dan dampak lingkungan mereka ke dalam laporan keuangan mereka. Hal ini dapat memberikan pemahaman yang lebih lengkap tentang kinerja perusahaan, serta tanggung jawabnya terhadap isu-isu keberlanjutan. Berikut adalah langkah-langkah umum tentang cara melaporkan *carbon accounting* dalam laporan keuangan:

6. **Pengumpulan Data:** Langkah pertama adalah mengumpulkan data yang relevan tentang emisi karbon perusahaan. Ini mencakup data tentang sumber emisi seperti energi, transportasi, dan produksi. Data yang disajikan harus akurat dan komprehensif.
7. **Kalkulasi Emisi Karbon:** Gunakan metode yang dapat diterima secara umum untuk menghitung emisi karbon dari berbagai sumber. Ini dapat mencakup emisi langsung dari operasi perusahaan dan emisi tidak langsung yang terkait dengan rantai pasokan.

8. **Konversi ke Satuan Moneter:** Salah satu cara untuk mengintegrasikan *carbon accounting* ke dalam laporan keuangan adalah dengan mengonversi emisi karbon menjadi satuan moneter, seperti dollar atau mata uang lokal. Ini dapat dilakukan dengan menggantikan emisi karbon dengan biaya yang terkait dengan mengurangi emisi atau dengan menggunakan harga karbon yang ada di pasar karbon jika berlaku. Sejauh ini, harga sertifikat karbon per ton CO₂ di bursa karbon masih relatif rendah. Dengan harga sertifikat karbon yang tinggi, perusahaan penghasil emisi akan semakin menyumbang lebih banyak untuk aksi penyelamatan lingkungan dan iklim. Selama ini, dampak emisi terhadap lingkungan memerlukan upaya yang biayanya sangat tinggi jika dibandingkan dengan harga sertifikat karbon.
9. **Penjelasan dan Konteks:** Pastikan untuk memberikan penjelasan dan konteks yang memadai tentang informasi yang dilaporkan. Jelaskan metode pengukuran, asumsi yang digunakan, dan langkah-langkah yang diambil untuk mengurangi emisi karbon. Pengungkapan ini mulai banyak dilakukan oleh perusahaan publik di banyak negara di dunia, termasuk Indonesia. Perusahaan yang terdaftar di bursa menyajikan laporan keberlanjutan yang juga memuat pengungkapan mengenai strategi, kebijakan, cara penghitungan, dan manajemen risiko dari perusahaan tersebut.

10. **Audit dan Verifikasi:** Sebagai langkah tambahan, pertimbangkan untuk menjalani audit independen atau verifikasi atas laporan *carbon accounting*. Hal ini dapat memberikan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi kepada pemangku kepentingan. Auditor pihak ketiga berperan untuk memverifikasi dan memvalidasi untuk memastikan kualitas kredit karbon yang diperdagangkan di pasar
11. **Pengungkapan Tambahan:** Pengungkapan pelaporan keberlanjutan meliputi beberapa aspek. Dalam bidang lingkungan, GRI telah menetapkan kerangka pengungkapan yang dapat dijadikan panduan perusahaan. Berikut ini adalah daftar pengungkapan dalam aspek lingkungan (*Global reporting Initiative, 2023*):

Material

- 1 : Bahan yang digunakan berdasarkan berat atau volume
- 2 : Persentase bahan yang digunakan yang merupakan bahan daur ulang

Energi

- 3 : Konsumsi energi di dalam organisasi
- 4 : Konsumsi energi di luar organisasi
- 5 : Intensitas energi
- 6 : Pengurangan konsumsi energi
- 7 : Pengurangan kebutuhan energi untuk produk dan layanan

Air

- 8 : Total pengambilan air berdasarkan sumbernya
- 9 : Sumber air yang signifikan dipengaruhi oleh penarikan air
- 10: Persentase dan total volume air yang didaur ulang dan digunakan kembali

Keanekaragaman hayati

- 11: Situs operasional yang dimiliki, disewakan, dikelola di dalam, atau berdekatan dengan, area perlindungan dan area dengan nilai keanekaragaman hayati tinggi di luar area perlindungan
- 12: Deskripsi dampak signifikan kegiatan, produk, dan layanan terhadap keanekaragaman hayati di area perlindungan dan area dengan nilai keanekaragaman hayati tinggi di luar area perlindungan
- 13: Habitat yang dilindungi dan dipulihkan
- 14: Total jumlah spesies dalam Daftar Merah IUCN dan spesies dalam daftar spesies yang dilindungi secara nasional dengan habitat di area yang terpengaruh oleh operasi, berdasarkan tingkat risiko kepunahan

Emisi

- 15: Emisi Gas Rumah Kaca Langsung (scope 1)
- 16: Emisi Gas Rumah Kaca Energi Tidak Langsung (scope 2)
- 17: Emisi Gas Rumah Kaca tidak Langsung lainnya (scope 3)
- 18: Intensitas emisi Gas Rumah Kaca
- 19: Pengurangan emisi Gas Rumah Kaca
- 20: Emisi Zat Penipis Ozon (BPO)
- 21: NOX, SOX, dan emisi udara lainnya yang signifikan

Efluen dan limbah

- 22: Total air yang dibuang berdasarkan kualitas dan tujuan
- 23: Total berat limbah berdasarkan jenis dan metode pembuangan

- 24: Total jumlah dan volume tumpahan yang signifikan
- 25: Berat limbah yang dianggap berbahaya sesuai dengan ketentuan Konvensi Basel lampiran I, II, III, dan VIII yang diangkut, diimpor, diekspor, atau diproses, dan persentase limbah yang diangkut untuk pengiriman internasional
- 26: Identitas, ukuran, status dilindungi, dan nilai keanekaragaman hayati dari badan air dan habitat terkait yang signifikan dipengaruhi oleh limbah cair dan pembuangan

Produk dan Layanan

- 27: Tingkat mitigasi dampak terhadap lingkungan dari produk dan layanan
- 28: Persentase produk yang terjual dan kemasannya yang didaur ulang berdasarkan kategori

Kepatuhan

- 29: Nilai moneter dari denda signifikan dan total jumlah sanksi non-moneter karena melanggar hukum dan regulasi lingkungan

Transportasi

- 30: Dampak lingkungan signifikan dari transportasi produk dan barang lainnya serta material untuk operasi organisasi, dan transportasi personel kerja

Lainnya

- 31: Total pengeluaran dan investasi perlindungan lingkungan berdasarkan jenisnya

Pemasok utama untuk lingkungan

32: Persentase pemasok baru yang diskriming menggunakan kriteria lingkungan

33: Dampak lingkungan negatif yang signifikan secara aktual dan potensial dalam rantai pasokan serta tindakan yang diambil

Mekanisme penyelesaian masalah lingkungan

34: Jumlah keluhan tentang dampak lingkungan yang diajukan, ditangani, dan diselesaikan melalui mekanisme keluhan resmi

12. **Kepatuhan Peraturan:** Pastikan bahwa laporan *carbon accounting* perusahaan mematuhi peraturan dan standar pelaporan yang berlaku, seperti *Global Reporting Initiative (GRI)* atau *Carbon Disclosure Project (CDP)*.
13. **Konsultasi dengan Ahli:** Dalam beberapa kasus, perusahaan mungkin perlu berkonsultasi dengan ahli *carbon accounting* atau bermitra dengan organisasi berpengalaman dalam melaporkan keberlanjutan untuk memastikan bahwa laporan ini sesuai dengan standar terbaik.
14. **Komunikasi dengan Pemangku Kepentingan:** Akhirnya, komunikasikan laporan *carbon accounting* dengan pemangku kepentingan perusahaan, seperti pemegang saham, pelanggan, dan pihak berkepentingan lainnya. Menurut GRI, pemangku kepentingan dapat berupa individu atau grup yang terdampak aktivitas perusahaan, baik yang terdampak positif maupun negatif.

Perusahaan harus memberikan perhatian lebih terhadap keberadaan pemangku kepentingan yang berpotensi terkena dampak negatif, seperti tenaga kerja, dan lingkungan di sekitar perusahaan.

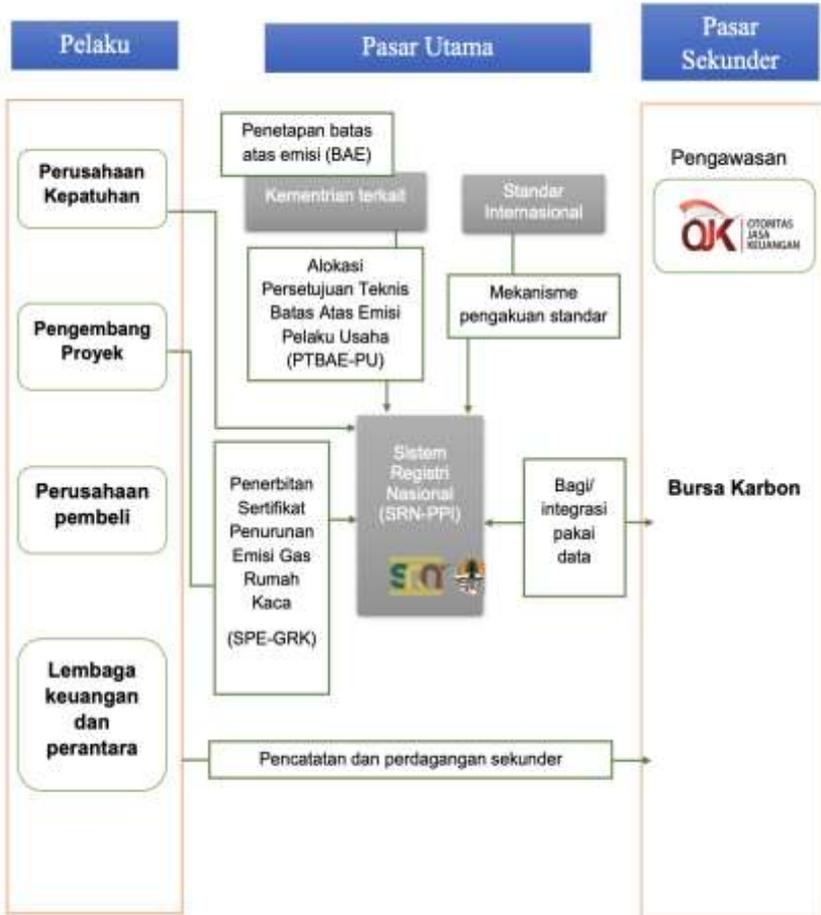
Melaporkan *carbon accounting* dalam laporan keuangan adalah cara yang kuat untuk menunjukkan keterlibatan perusahaan dalam keberlanjutan lingkungan dan dapat memberikan gambaran yang lebih holistik tentang kinerja perusahaan. Hal ini juga dapat meningkatkan transparansi dan kepercayaan pemangku kepentingan terhadap perusahaan.

2.1. Manajemen Keuangan dan Perdagangan Karbon

Perdagangan karbon muncul karena adanya komitmen masyarakat dunia untuk mengurangi pemanasan global. Komitmen itu dimulai sejak Konferensi Lingkungan Hidup Manusia di Stockholm tahun 1972, dilanjutkan dengan Konferensi Bumi di Rio de Janeiro tahun 1992, *Kyoto Protocol* tahun 1997 dan *Paris Agreement* tahun 2015. Pertemuan-pertemuan tersebut memberikan dorongan, inisiatif dan upaya untuk menurunkan pemanasan global dan emisi gas rumah kaca agar di bawah ambang batas yang disepakati serta menjaga agar suhu bumi. Mekanisme perdagangan karbon menjadi solusi yang sangat mudah diimplementasikan jika dibandingkan dengan upaya melalui jalur regulasi dan pajak emisi karbon.

Perdagangan karbon melibatkan jual beli sertifikat kredit karbon, di mana yang diperdagangkan bukanlah karbon atau gas polutan itu sendiri, tetapi upaya untuk mengendalikan atau mengurangi emisi karbon yang direpresentasikan dalam sertifikat kredit karbon. Hal ini yang menjadi komoditas dalam perdagangan karbon. Atau dengan kata lain, yang diperdagangkan adalah hak atas emisi gas rumah kaca dalam satuan setara ton CO₂ yang tercatat dalam sistem registri nasional pengendalian perubahan iklim.

Kredit karbon berasal dari proyek-proyek sukarela yang bertujuan untuk mengurangi emisi karbon, seperti pembangunan turbin angin, pengurangan emisi metana, atau restorasi hutan. Namun, karena laju emisi karbon dioksida jauh melebihi kemampuan penyerapan alamiah tumbuhan, lahan hutan terus menyusut karena penggunaannya untuk perkebunan, pemukiman, dan industri. Proyek-proyek lingkungan dapat mengajukan klaim kepada lembaga verifikasi kredit karbon internasional, di mana kredit karbon dikeluarkan untuk setiap ton karbon yang berhasil diserap. Kredit-kredit ini kemudian disimpan dan diperdagangkan di pasar kredit karbon.



Gambar 8. Konsep Ekosistem Perdagangan Karbon

Gambar di atas menjelaskan mengenai mekanisme perdagangan karbon di Indonesia. Terdapat dua mekanisme perdagangan karbon yaitu *cap and trade* dan *baseline and credit*.

Pelaku dari perdagangan karbon terdiri dari 4 pihak, yaitu perusahaan kepatuhan, pengembang proyek, perusahaan pembeli dan lembaga keuangan dan perantara. Pelaku perdagangan karbon bisa ikut mekanisme jual-beli penurunan dan pengurangan emisi. Perusahaan kepatuhan bertujuan pada penghasil emisi tertinggi saat ini dalam hal energi yang intensif. Penghasil energi tersebut mencakup beberapa perusahaan yang memproduksi logam seperti baja dan besi, pembangkit listrik, dan kilang minyak, serta pabrik pulp, kertas, semen, dan lain sebagainya. Pengembang proyek merupakan perusahaan yang mengembangkan proyek hijau atau offset project yang menghindari, mengurangi, atau menghilangkan emisi. Pembeli emisi karbon adalah pihak yang menghasilkan emisi karbon yang melebihi batas yang ditetapkan. Pembeli karbon dapat berbentuk industri, negara atau perusahaan yang menghasilkan emisi karbon dalam jumlah tinggi karena menggunakan bahan bakar fosil atau mengkonsumsi energi dalam jumlah besar. Sementara itu, perbankan secara agresif membiayai proyek-proyek hijau ataupun pembangunan yang berkelanjutan, kemudian memfasilitasi perdagangan karbon, baik perdagangan karbon di dalam negeri maupun dengan luar negeri, namun perlu dilakukan perdagangan secara transparan agar informasi yang ada adalah simetris information sehingga variasi dari harga karbon tidak berbeda jauh, serta mendorong penerbitan green bond atas upaya konservasi sumber daya alam. Bank juga melakukan penyaluran pembiayaan guna mempercepat transisi ekonomi melalui ekonomi rendah karbon.

Berkaitan dengan tugas dan tanggung jawab pasar modal, Otoritas Jasa Keuangan (OJK) mengatur perdagangan sekunder instrumen yang berkaitan dengan nilai ekonomi karbon di bursa karbon serta menyediakan berbagai aturan yang diperlukan. Sementara itu, bursa karbon bertanggung jawab untuk mengembangkan infrastruktur perdagangan karbon, menerbitkan peraturan terkait penyelenggaraan bursa karbon, dan melakukan perdagangan karbon.

Para pelaku perdagangan karbon harus menyiapkan strategi keuangan agar kegiatan perdagangan karbon berjalan dengan baik dan memberikan keuntungan finansial bagi perusahaan. Beberapa strategi manajemen keuangan yang dapat ditempuh oleh perusahaan dalam perdagangan karbon adalah sebagai berikut:

1. Investasi dan Portofolio Karbon

Organisasi dapat menginvestasikan dalam izin emisi karbon sebagai bagian dari portofolio investasinya. Izin karbon dapat dianggap sebagai aset keuangan yang dapat diperdagangkan, dan manajemen keuangan perusahaan harus mempertimbangkan bagaimana portofolio ini akan mempengaruhi keseimbangan risiko dan pengembalian.

2. Pengurangan Biaya Karbon

Perdagangan karbon memberikan insentif bagi organisasi untuk mengurangi emisi mereka. Dalam manajemen keuangan, ini berarti mengurangi biaya yang terkait dengan emisi karbon, termasuk biaya

energi. Strategi efisiensi energi dan pengurangan emisi dapat menghasilkan penghematan yang signifikan.

3. Pengukuran dan Pelaporan Karbon

Manajemen keuangan memerlukan pemahaman yang baik tentang bagaimana emisi karbon diukur dan dilaporkan. Perdagangan karbon melibatkan pengukuran emisi karbon dan pelaporan yang sesuai kepada otoritas regulasi. Manajemen keuangan perlu memastikan bahwa perusahaan mematuhi aturan dan standar pelaporan ini.

4. Pengelolaan Risiko Karbon

Perdagangan karbon dapat menciptakan risiko dan peluang keuangan. Harga izin emisi karbon dapat bervariasi, dan manajemen keuangan perlu mengelola risiko fluktuasi harga karbon yang dapat mempengaruhi biaya operasional.

5. Perencanaan Anggaran

Organisasi yang berpartisipasi dalam perdagangan karbon perlu menganggarkan biaya yang terkait dengan pembelian izin karbon atau investasi dalam proyek-proyek pengurangan emisi. Ini memerlukan perencanaan keuangan yang cermat.

6. Pendanaan Proyek Karbon

Beberapa organisasi dapat mencari pendanaan eksternal untuk proyek-proyek pengurangan emisi.

Manajemen keuangan harus mengidentifikasi sumber dana ini dan mengelola mereka secara efisien.

7. Peluang Keuangan Baru

Perdagangan karbon juga dapat menciptakan peluang keuangan baru, termasuk investasi dalam teknologi berkelanjutan atau proyek-proyek energi terbarukan yang dapat Integrasi antara perdagangan karbon dan manajemen keuangan dapat memberikan keuntungan finansial sambil mengurangi dampak lingkungan. Namun, hal ini juga memerlukan pemahaman yang kuat tentang isu-isu keuangan dan keberlanjutan serta manajemen risiko yang hati-hati untuk memaksimalkan peluang dan mengurangi risiko.

2.2 Potensi Pasar Karbon

Berdasarkan *Kyoto Protocol*, negara-negara di dunia berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Setiap negara yang berkomitmen harus mencari cara untuk mencapai target penurunan emisi yang telah ditetapkan. *Kyoto Protocol* membagi negara yang turut berkomitmen, yaitu negara Annex I atau Annex B dan negara non-Annex I. Negara Annex I diharuskan tunduk kepada pembatasan emisi sedangkan non-Annex I tidak diharuskan untuk memenuhi target pengurangan emisi. Indonesia merupakan negara yang masuk dalam kategori non-Annex I. namun demikian, Indonesia terus melakukan upaya untuk melakukan pengurangan emisi.

Upaya untuk mengurangi emisi dan mendukung kontrol perubahan iklim di Indonesia bisa dilakukan dengan menerapkan Kebijakan Nilai Ekonomi Karbon (NEK), yang melibatkan tata cara pengurangan emisi melalui skema perdagangan karbon yang terdiri dari 3 mekanisme utama, yakni perdagangan emisi, offset emisi dan pajak karbon. Dalam mekanisme Perdagangan Emisi, yang juga dikenal sebagai sistem *cap and trade*, pelaku usaha harus mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dengan menetapkan batas emisi atau disebut sebagai Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi Pelaku Usaha (PTBAE-PU). Sebagai contohnya, pelaku usaha di sub-sub perhutanan akan diberikan alokasi emisi GRK sesuai dengan batas emisi yang dapat mereka lepaskan (*cap*) jika memiliki area hutan yang rusak. Pelaku usaha wajib melaporkan jumlah aktual emisi GRK yang telah mereka lepaskan pada setiap akhir periode. Jika emisi GRK melebihi batas yang ditetapkan (*deficit*), pelaku usaha harus membeli surplus emisi GRK dari pelaku usaha lain.

Dalam sistem Offset Emisi, unit karbon yang diperdagangkan berasal dari hasil penurunan emisi atau peningkatan penyerapan/penyimpanan karbon setelah mencapai target NDC untuk sub-sub sektor, dan terdapat kelebihan penurunan emisi. Pelaksanaan kegiatan mitigasi pengendalian perubahan iklim menjadi penyebab penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) ini. Oleh karena itu, pada fase awal implementasi aksi mitigasi oleh pelaku usaha, penting untuk dapat membuktikan penggunaan praktik atau teknologi yang melibatkan penerapan praktik dan/atau penyimpanan karbon sebelum pelaksanaan aksi mitigasi. Langkah ini diperlukan untuk menetapkan tingkat

emisi baseline aktual. Pencapaian hasil mitigasi diukur dan divalidasi melalui proses yang disebut *Monitoring, Reporting, and Verification* (MRV) pada setiap akhir periode.

Penurunan emisi dari penyerapan dan/atau penyimpanan karbon ini kemudian diatur sesuai dengan peraturan perundangan, dan diterbitkan dalam bentuk Karbon Kredit, yang berupa Sertifikasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (SPE-GRK). Pelaku usaha dapat memperdagangkan Karbon Kredit ini untuk menjual surplus penurunan (offset) emisinya kepada pelaku usaha lain. Pembeli dapat menyatakan bahwa mereka telah mengurangi tingkat emisi GRK-nya.

Dalam sistem Pajak Karbon, sistem ini memungkinkan pembuat kebijakan mengontrol harga emisi karbon. Pajak karbon menciptakan kewajiban fiskal untuk emisi GRK, sehingga dikenakan pajak entitas. Seperti halnya perdagangan emisi, entitas yang diatur diberi insentif untuk mengurangi emisi lebih murah daripada harga karbon. Pajak karbon dapat menciptakan harga yang stabil untuk investasi dalam pengurangan emisi, dengan ketentuan tarif pajak tidak mengalami perubahan.

Mitigasi yang dapat mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) melalui penyerapan dan penyimpanan karbon, sebagaimana dijelaskan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor 7 Tahun 2023, dilakukan melalui 22 aksi mitigasi. Beberapa di antaranya mencakup pengurangan laju deforestasi pada lahan mineral, lahan gambut, dan mangrove,

pengurangan laju degradasi hutan pada lahan mineral, lahan gambut, dan mangrove, reforestasi hutan, restorasi hutan, pengelolaan hutan lestari melalui Multi Usaha Kehutanan, *Reduce Impact Logging-Carbon*, dan Silvikultur Intensif dan langkah lainnya. Oleh karena itu, pelaksanaan aksi mitigasi yang efektif oleh pelaku usaha di sektor kehutanan menjadi sangat penting dalam upaya mengurangi emisi GRK dan mengendalikan dampak perubahan iklim pada Sektor Kehutanan

Data Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi menunjukkan Indonesia memiliki potensi besar untuk memimpin pasar karbon. Dengan hutan tropis terbesar ketiga di dunia seluas 125 juta hektar, Indonesia diperkirakan mampu menyerap 25 miliar ton karbon. Sementara itu, luas area hutan mangrove di Indonesia saat ini mencapai 3,31 juta hektar yang mampu menyerap emisi karbon 33 miliar karbon untuk seluruh hutan mangrove di Indonesia. Indonesia juga memiliki lahan gambut terluas di dunia dengan area 7,5 juta hektar yang mampu menyerap emisi karbon mencapai sekitar 55 miliar ton.

Berdasarkan data tersebut maka total emisi karbon yang mampu diserap Indonesia kurang lebih sebesar 113,18 gigaton. Jika pemerintah Indonesia dapat menjual kredit karbon dengan harga US\$5 di pasar karbon, maka potensi pendapatan Indonesia mencapai US\$565,9 miliar atau setara kurang lebih Rp 8.000 triliun. Potensi ekonomi karbon Indonesia yang mencapai Rp8.000 triliun itu apabila dirincikan yakni dari hutan tropis sebesar Rp1.780

triliun, hutan mangrove Rp2.333 triliun, dan lahan gambut Rp3.888 triliun.

Dalam 3 (tiga) tahun terakhir, Pemerintah Indonesia mulai gencar mengeluarkan aturan mengenai perdagangan karbon. Pada bulan Agustus 2023, Otoritas Jasa Keuangan menerbitkan Peraturan OJK Nomor 14 Tahun 2023 tentang Perdagangan Karbon melalui Bursa Karbon (POJK Bursa Karbon) yang disusul dengan penerbitan Surat Edaran (SE) Otoritas Jasa Keuangan Republik Indonesia Nomor 12/SEOJK.04/2023 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Perdagangan Karbon Melalui Bursa Karbon sebagai langkah konkrit untuk melawan perubahan iklim. Pada bulan September 2023, Presiden juga membuka Perdagangan Perdana Bursa Karbon Indonesia.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki hutan tropis terbesar ketiga di dunia. Namun demikian, Indonesia juga merupakan salah satu penghasil emisi gas rumah kaca terbesar di dunia. Oleh karena itu, isu perdagangan karbon di Indonesia menjadi sangat relevan untuk dipertimbangkan sebagai salah satu isu strategis nasional.

Kredit karbon diperdagangkan di pasar wajib (mandatory carbon market) dan pasar sukarela (voluntary carbon market). Pada pasar karbon wajib atau yang dikenal dengan Emission Trading System (ETS) atau "cap-and-trade system", pihak berwenang menetapkan batas emisi karbon yang dihasilkan oleh setiap peserta ETS. Pasar ini diikuti oleh perusahaan dan pemerintah yang secara

hukum harus mempertimbangkan jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Pasar ini diatur oleh ketentuan pengurangan karbon yang berlaku di tingkat nasional, regional, dan internasional. Mereka adalah negara atau perusahaan yang “wajib lapor” emisi GRK mereka. Pasar jenis ini terdapat di Eropa, yang dikenal sebagai *EU trading system*. Batasan itu akan dikurangi setiap tahunnya dan diberikan dalam bentuk alokasi kuota emisi.

Sementara itu, transaksi di pasar sukarela terjadi langsung antara pembeli dan penjual atau melalui pialang (*broker*) dan mencakup semua transaksi karbon di luar pasar karbon aktif yang diatur oleh pemerintah. Penghasil emisi mengkompensasi CO₂ yang dihasilkan dengan membeli kredit karbon dari proyek-proyek yang ditargetkan untuk mengurangi atau meniadakan emisi CO₂. Contoh dari pasar sukarela adalah *Chicago Climate Exchange (CCX)* dan *Carbon Trade Xchange (CTX)*. Instrumen kredit karbon yang diperdagangkan pada voluntary market umumnya diverifikasi oleh lembaga standarisasi independen

Pasar karbon Indonesia dirancang untuk memfasilitasi perdagangan sertifikat kredit karbon yang diterbitkan untuk proyek atau kegiatan dalam menghilangkan emisi gas rumah kaca dari atmosfer, atau untuk perusahaan yang menghasilkan emisi karbon di bawah ambang batas polusi yang ditetapkan pemerintah.

Tabel berikut merupakan ringkasan mengenai mekanisme untuk menurunkan emisi karbon yang dapat ditempuh.

Tabel 13. Perbedaan Mekanisme Penurunan Karbon

Aspek	Sistem Perdagangan Emisi	Pajak Karbon	Mekanisme Kredit
Penentuan harga	Harga ditentukan oleh kuota emisi, nilai batasan (<i>cap</i>) relatif terhadap permintaan pasar.	Tingkat pajak atas emisi karbon ditentukan oleh pemerintah. Umumnya, kenaikan pajak ditentukan sebelumnya untuk menyesuaikan tarif pajak yang berlaku.	Harga kredit ditentukan oleh pasar, mekanisme nilainya memerlukan sumber permintaan eksternal.
Tingkat penurunan emisi	Lebih pasti, tingkat secara maksimal ditetapkan oleh pengaturan batasan emisi.	Kurang pasti, tergantung pada respon pasar terhadap perubahan/elastisitas harga.	Kurang pasti, tergantung pada jumlah proyek dan integritas terukur dalam pengurangan emisi.
Kepatuhan	Penerapan kuota dan partisipasi langsung melalui	Berdasarkan pelaporan emisi atau parameter tertentu seperti kandungan	Biasanya penerapan untuk melengkapi nilai dari pajak karbon atau sistem

Aspek	Sistem Perdagangan Emisi	Pajak Karbon	Mekanisme Kredit
	alokasi atau pasar sekunder.	karbon pada bahan bakar.	perdagangan emisi (sebagai pengganti pembayaran pajak atau penyerahan kuota).
Peran pasar	Mekanisme lelang kuota dan pengawasan pasar sekunder.	Umumnya tidak ada peran pasar dalam pengaturan.	Mekanisme untuk pengaturan kredit dan pengawasan pasar sekunder.
Pertimbangan kondisi untuk pelaksanaan instrumen	Perekonomian dengan kapasitas tinggi atau liberal, terdapat hambatan politis terhadap reformasi perpajakan, atau mencari peluang untuk kesempatan <i>Internasional linking</i> .	Perekonomian dengan kapasitas rendah, kebijakan pemerintah yang terbangun dengan kerangka pajak yang transparan.	Terdapat tantangan dalam penerapan kedua instrumen lainnya atau ketika ingin membangun kapasitas dan membuka peluang terhadap pasar karbon internasional.

Sumber: Indonesia Carbon Trading Handbook, 2022

2.3 Hutan dan Pajak Karbon

Berdasarkan data yang berhasil diperoleh, potensi ekonomi karbon Indonesia dari hutan tropis sebesar sangat besar. Oleh karena itu, pemerintah terus meningkatkan upaya penanggulangan perubahan iklim melalui konservasi dan deforestasi hutan dalam rangka melaksanakan komitmen jangka pendek, menengah, dan panjang. Sebagaimana dimaklumi, dalam jangka menengah, Pemerintah telah menetapkan target penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) dalam kerangka komitmen yang telah ditetapkan (*Nationally Determined Contributions-NDC*) sebesar 29% dengan upaya sendiri dan 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030. Dalam jangka panjang, Indonesia akan menetapkan beberapa *milestones* strategi. Pada tahun 2021, pemerintah telah menetapkan Strategi Jangka Panjang Rendah Karbon. Rencana itu menetapkan bahwa pada tahun 2050, Indonesia menetapkan Ketahanan Iklim (*Long-Term Strategy For Low Carbon Climate Resilience/LTS-LCCR*). Sementara itu, pada tahun 2060 target pemerintah adalah Emisi Nol Bersih (*Net Zero Emission*).

Tujuan utama dari pengenaan pajak karbon adalah mengubah perilaku para pelaku ekonomi untuk beralih kepada aktivitas ekonomi hijau yang rendah karbon. Dalam kerangka kebijakan makro dan fiskal ini, pemerintah merencanakan pengenaan tarif pajak karbon Indonesia sebesar Rp75 per kilogram karbon dioksida ekuivalen (CO₂e).

Berbeda dengan rencana semula dalam dokumen kerangka KEM & PPKF sebelumnya, dalam proses penggodokan tarif *carbon tax* dengan parlemen yang tercantum dalam RUU Harmonisasi Peraturan Perpajakan (RUU HPP), akhirnya tarif pajak karbon disepakati sebesar paling rendah Rp30 per kg CO₂e.

2.4 Skema Pajak Karbon atau Perdagangan Karbon

Berikut adalah skema pajak karbon dan perdagangan karbon dalam UU HPP:

1. Cap and Trade

Entitas yang mengemisi lebih dari *cap* diharuskan membeli Izin Emisi (SIE) dari entitas yang mengemisi di bawah *cap* atau membeli Sertifikat Penurunan Emisi (SPE/offset karbon).

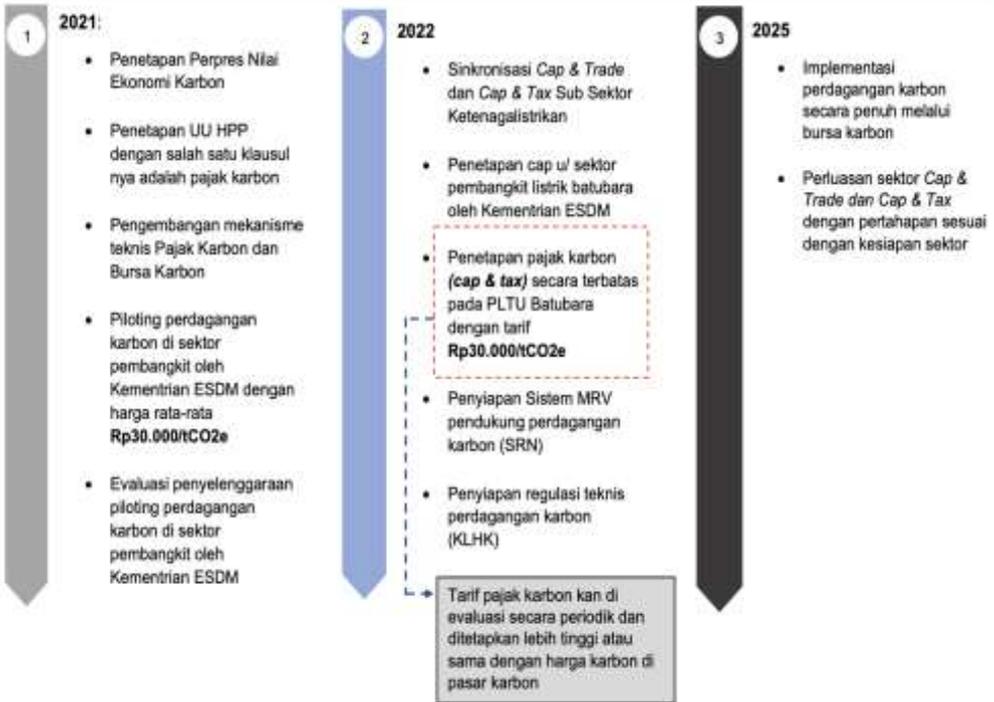
2. Cap and Tax

Dalam hal entitas tersebut tidak dapat membeli Izin Emisi/SIE atau SPE atas emisi di atas *cap* seluruhnya, maka sisa emisi akan dikenakan Pajak Karbon. Tarif ditetapkan Rp 30 per kilogram karbon dioksida ekuivalen diterapkan pada jumlah emisi yang melebihi cap yang ditetapkan.

Dalam mekanisme pengenaan pajak karbon di Indonesia, wajib pajak dapat memanfaatkan sertifikat karbon yang dibeli di pasar karbon sebagai pengurangan kewajiban pajak karbonnya. Selama ini, sebagian besar pajak karbon berbentuk cukai, baik sebagai sumber penerimaan umum

maupun dialokasikan untuk tujuan tertentu. Misalnya, cukai atas minyak mentah dan produk minyak untuk mengatasi kerusakan dari tumpahan minyak bumi.

Peta jalan pajak karbon dirancang untuk transisi energy transisi yang adil dan berkelanjutan.

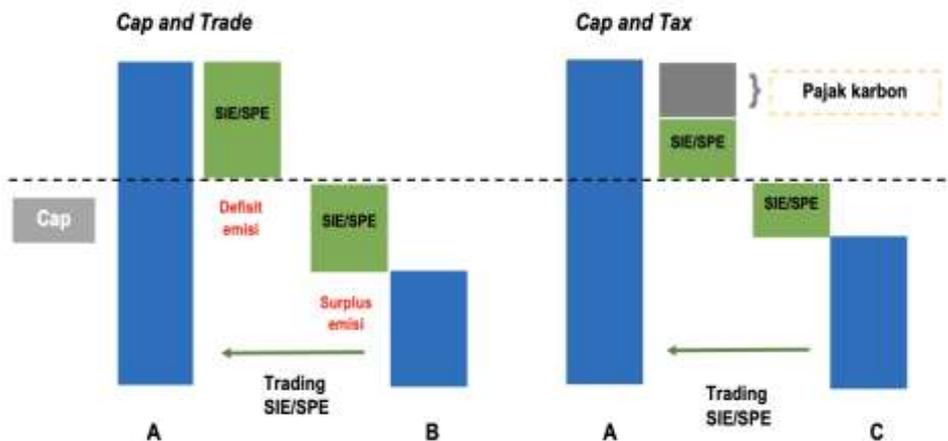


Sumber: Esdm, 2021

Gambar 9. Peta Jalan Pajak Karbon

Dalam mekanisme pengenaan pajak karbon di Indonesia, wajib pajak dapat memanfaatkan sertifikat karbon yang dibeli di pasar karbon sebagai pengurangan kewajiban pajak karbonnya. Selama ini, sebagian besar pajak karbon

berbentuk cukai, baik sebagai sumber penerimaan umum maupun dialokasikan untuk tujuan tertentu. Misalnya, cukai atas minyak mentah dan produk minyak untuk mengatasi kerusakan dari tumpahan minyak bumi.



Sumber: Esdm, 2021

Gambar 10. Skema Pajak Karbon

Pajak Karbon terutang atas pembelian barang yang mengandung karbon atau aktivitas yang menghasilkan emisi karbon dalam jumlah tertentu pada periode tertentu.

Adapun saat terutang pajak karbon ditentukan sebagai berikut:

1. Pada saat pembelian barang yang mengandung karbon;

2. Pada akhir periode tahun kalender dari aktivitas yang menghasilkan emisi karbon dalam jumlah tertentu; atau
3. Saat lain yang diatur dengan atau berdasarkan Peraturan Pemerintah.
4. Sementara itu, terkait perhitungan Pajak Karbon, tarif Pajak Karbon ditetapkan lebih tinggi atau sama dengan harga karbon di pasar karbon per kilogram karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) atau satuan yang setara.

Obyek *carbon tax* di Indonesia yang dinilai potensial adalah:

1. Bahan bakar fosil
2. Emisi yang dikeluarkan
3. Bahan bakar fosil dan emisi itu, baik yang dikeluarkan oleh pabrik maupun kendaraan bermotor.

Bahan bakar yang bisa dikenakan pajak karbon utamanya yang punya kandungan karbon tinggi, seperti:

1. Batubara
2. Solar
3. Bensin

Sedangkan pengenaan emisi atas kegiatan ekonomi, pemerintah akan fokus pada sektor padat karbon, seperti:

1. Industri pulp and paper
2. Industri semen
3. Pembangkit listrik
4. Petrokimia

Payung hukum yang digunakan untuk implementasi *carbon tax* di Indonesia adalah UU 7/2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan Pasal 13, yang memiliki pokok-pokok pengaturan sebagai berikut:

1. Pengenaan: dikenakan atas emisi karbon yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan hidup.
2. Arah pengenaan pajak karbon: memperhatikan peta jalan pasar karbon dan/atau peta jalan pajak karbon yang memuat strategi penurunan emisi karbon, sasaran sektor prioritas, keselarasan dengan pembangunan energi baru dan terbarukan serta keselarasan antar berbagai kebijakan lainnya.
3. Prinsip pajak karbon: prinsip keadilan (*just*) dan keterjangkauan (*affordable*) dengan memperhatikan iklim berusaha, dan masyarakat kecil.
4. Tarif pajak karbon ditetapkan lebih tinggi atau sama dengan harga karbon di pasar karbon dengan tarif paling rendah Rp30,00 per kilogram karbon dioksida ekuivalen (CO₂e).
5. Pemanfaatan penerimaan negara dari Pajak Karbon dilakukan melalui mekanisme APBN. Dapat digunakan antara lain untuk pengendalian perubahan iklim, memberikan bantuan sosial kepada rumah tangga miskin yang terdampak pajak karbon, mensubsidi energi terbarukan, dan lain-lain.
6. Wajib Pajak yang berpartisipasi dalam perdagangan emisi karbon dapat diberikan pengurangan pajak karbon.

7. Pemberlakuan Pajak karbon: berlaku pada 1 April 2022, yang pertama kali dikenakan terhadap badan yang bergerak di bidang pembangkit listrik tenaga uap batubara dengan skema cap and tax yang searah dengan implementasi pasar karbon yang sudah mulai berjalan di sektor PLTU batubara

Selain itu, telah dikeluarkan Perpres 98/2021 tentang Penyelenggaraan NEK - Pasal 58, dengan pokok-pokok pengaturan sebagai berikut:

1. Pungutan Atas Karbon didefinisikan sebagai pungutan negara baik di pusat maupun daerah, berdasarkan kandungan karbon dan/atau potensi emisi karbon dan/atau jumlah emisi karbon dan/atau kinerja Aksi Mitigasi.
2. Selanjutnya, pengaturan atas pelaksanaannya dilakukan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
3. Dengan demikian, pungutan atas karbon dapat berupa pungutan negara yang sudah ada (misalnya Pajak Kendaraan Bermotor, Pajak Bahan Bakar, PPnBM), maupun pungutan lain yang akan diterapkan (misalnya pengenaan pajak karbon)

Bab III

Penutup

Isu perdagangan karbon sangat relevan di Indonesia karena Indonesia merupakan negara dengan lahan gambut, mangrove dan hutan tropis terbesar di dunia. Secara spesifik, hutan memiliki peran penting dalam meningkatkan perekonomian rakyat dan dalam membantu menanggulangi perubahan iklim. Buku ini memberikan pemahaman mengenai fungsi hutan dalam konservasi alam, mengurangi emisi karbon, peran pemerintah dalam mengurangi emisi, perdagangan karbon dan pajak karbon. Buku ini juga memberikan gambaran bagaimana peran masyarakat lokal/pribumi/adat dalam melawan isu perubahan iklim. Penulis melakukan penelitian untuk mengembangkan model *carbon accounting* perhutanan sosial di Jawa. Perhutanan sosial telah merupakan program presiden untuk memberikan hak pengelolaan hutan selama 35 tahun dan bisa diwariskan. Aktivitas petani perhutanan sosial dalam mengelola hutan yang gundul menjadi hutan yang produktif telah membantu ekonomi rakyat yang tinggal di sekitar hutan dan sekaligus menjaga kelestarian lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu 2 (dua) tahun. Pada tahun pertama, penelitian ini berhasil menghitung tingkat vegetasi dan daya serap karbon dari perhutanan

sosial. Pada tahun kedua, diharapkan penelitian ini mampu memberikan model offset emisi dari perhutanan sosial. Hasil penelitian ini diharapkan mampu membuktikan peran hutan dalam konteks ekonomi rakyat dan ekologi.

Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat bagi seluruh pembaca yang berkepentingan terhadap pelestarian lingkungan terutama di kawasan hutan.

Daftar Pustaka

- Al Rabab'a EA, Rashid A, Shams S. Corporate carbon performance and cost of debt: Evidence from Asia-Pacific countries. *International Review of Financial Analysis*. 2023 Apr 7:102641.
- Alsaifi K, Elnahass M, Salama A. Carbon disclosure and financial performance: UK environmental policy. *Business Strategy and the Environment*. 2020 Feb;29(2):711-26.
- Bui, B., Houqe, M. N., & Zaman, M. Climate governance effects on carbon disclosure and performance. *The British Accounting Review*. 2020; 5. 2(2).100880.
- Cabiyo B, Fried JS, Collins BM, Stewart W, Wong J, Sanchez DL. Innovative wood use can enable carbon-beneficial forest management in California. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021 Dec 7;118(49):e2019073118.
- Cameron C, Hutley LB, Friess DA. Estimating the full greenhouse gas emissions offset potential and profile between rehabilitating and established mangroves. *Science of the Total Environment*. 2019 May 15;665:419-31.
- Choi B, Luo L, Shrestha P. The value relevance of carbon emissions information from Australian-listed companies. *Australian Journal of Management*. 2021 Feb;46(1):3-23.

Christensen HB, Hail L, Leuz C. Adoption of CSR and sustainability reporting standards: Economic analysis and review. Cambridge, MA, USA: National Bureau of Economic Research; 2019 Jul 27.

Eriksson E, Gillespie AR, Gustavsson L, Langvall O, Olsson M, Sathre R, Stendahl J. Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. Canadian Journal of Forest Research. 2007 Mar;37(3):671-81.

Fahey TJ, Woodbury PB, Battles JJ, Goodale CL, Hamburg SP, Ollinger SV, Woodall CW. Forest carbon storage: ecology, management, and policy. Frontiers in Ecology and the Environment. 2010 Jun;8(5):245-52

Global Reporting Initiative. Consolidated Set of the GRI Standards. 2023; Retrieved from <https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/gri-standards-english-language/>. on 16 February 2023

Hapsoro D, Falih ZN. The effect of firm size, profitability, and liquidity on the firm value moderated by carbon emission disclosure. Journal of Accounting and Investment. 2020;21(2):240-57.

Hein JI. Political ecology of REDD+ in Indonesia: Agrarian conflicts and forest carbon. Taylor & Francis; 2019.

Indonesia Carbon Trading Handbook. 2022.

Kementerian Ekonomi dan Sumber Daya Manusia (ESDM). 2021; Retrieved from <https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download>

<index/files/2bb41-bahan-bkf-kemenkeu.pdf> on 30
November 2023

- Mateo-Márquez AJ, González-González JM, Zamora-Ramírez C. Countries' regulatory context and voluntary carbon disclosures. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*. 2020 Feb 24;11(2):383-408.
- McKechnie J, Colombo S, Chen J, Mabee W, MacLean HL. Forest bioenergy or forest carbon? Assessing trade-offs in greenhouse gas mitigation with wood-based fuels. *Environmental science & technology*. 2011 Jan 15;45(2):789-95
- Miles WB. The invisible commodity: Local experiences with forest carbon offsetting in Indonesia. *Environment and Planning E: Nature and Space*. 2021 Jun;4(2):499-524.
- Lippke B, Oneil E, Harrison R, Skog K, Gustavsson L, Sathre R. Life cycle impacts of forest management and wood utilization on carbon mitigation: knowns and unknowns. *Carbon Management*. 2011 Jun 1;2(3):303-33.
- Lütjens B, Liebenwein L, Kramer K. Machine learning-based estimation of forest carbon stocks to increase transparency of forest preservation efforts. *arXiv preprint arXiv:1912.07850*. 2019 Dec 17.
- Pitrakkos P, Maroun W. Evaluating the quality of carbon disclosures. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*. 2020; Apr 23;11(3):553-89.

- Raihan A, Begum RA, Mohd Said MN, Abdullah SM. A review of emission reduction potential and cost savings through forest carbon sequestration. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 2019 Jan 1;16(3):1-7
- Sapkota Y, White JR. Carbon offset market methodologies applicable for coastal wetland restoration and conservation in the United States: A review. *Science of The Total Environment*. 2020 Jan 20;701:134497.
- Velte, P., Stawinoga, M., & Lueg, R. Carbon performance and disclosure: A systematic review of governance-related determinants and financial consequences. *Journal of Cleaner Production*. 2020; 254.120063.

Glosarium

- Carbon Trading: (perdagangan karbon) kegiatan jual beli kredit karbon
- Carbon Accounting: (akuntansi karbon) proses mengukur, melaporkan, dan memantau emisi gas rumah kaca
- Cap and Trade System: (sistem topi-perdagangan) kebijakan untuk mengontrol jumlah emisi dan menetapkan batas atau jumlah karbon yang dapat dikeluarkan oleh perusahaan
- Cap and Tax: (sistem topi-pajak) kebijakan mitigasi emisi gas rumah kaca yang menetapkan batas atas (cap) pada jumlah emisi gas rumah kaca yang diizinkan dan memberlakukan pajak (tax) pada perusahaan yang melebihi batas tersebut
- Carbon Tax: (pajak karbon) pajak atas emisi gas rumah kaca yang melebihi batas yang ditetapkan
- Disclosure: (pengungkapan) pengungkapan atas informasi tertentu oleh emiten
- Emisi : pencemaran udara atas aktivitas atau alat tertentu
- Karbon : senyawa kimi yang tersusun atas atom Carbon (C)
- IFRS : standar pelaporan akuntansi yang diakui secara internasional (abr. *International Financial Accounting Standard*)
- Kyoto Protocol: (Protokol Kyoto) persetujuan internasional yang mengatur pelaksanaan konvensi perubahan iklim
- Global Reporting Initiative: organisasi independen internasional yang mengatur standarisasi pelaporan mengenai isu-isu perubahan iklim, hak asasi manusia, dan korupsi

Perhutanan Sosial: bentuk pengelolaan hutan lestari di dalam kawasan hutan negara atau hutan hak/adat yang dilakukan oleh masyarakat setempat atau berdasarkan hukum adat masyarakat

Deforestasi: perubahan kondisi penutupan lahan hutan menjadi tidak berhutan secara permanen

Lingkungan: segala sesuatu yang ada di sekitar manusia dan mempengaruhi perkembangan kehidupan manusia

Emisi Karbon: pelepasan gas karbon dioksida ke atmosfer Bumi. Berbagai kegiatan manusia

Gas Rumah Kaca: gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca

Indigenous: berkaitan dengan atau menjadi suatu bangsa yang merupakan penduduk asli suatu wilayah

E-supply Chain: (abr. *electronic supply chain*, rantai pasok elektronik) penggunaan teknologi internet untuk mengintegrasikan seluruh sumberdaya dalam proses produksi.

Ploting : proses pemetaan bidang (merujuk pada tanah, lokasi, jenis tanaman)

Vegetasi: bagian hidup yang tersusun dari tetumbuhan yang menempati suatu wilayah geografis

Biomassa: material organik yang berasal dari organisma hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan, hewan dan produk sampingnya

Laporan Berkelanjutan: laporan mengenai dampak ekonomi, lingkungan, dan sosial yang ditimbulkan akibat aktivitas perusahaan selama satu titik waktu tertentu

Bursa Karbon: pasar tempat perdagangan izin emisi karbon dan kredit karbon

Kredit Karbon: izin yang dapat diperdagangkan oleh perusahaan untuk mengeluarkan sejumlah gas rumah kaca atau karbondioksida yang setara

- Pasar Karbon: (Bursa Karbon) platform untuk memperdagangkan kredit karbon
- Offset Emisi: skema untuk menyeimbangkan dampak karbon yang dihasilkan oleh perusahaan melalui penurunan emisi atau peningkatan penyerapan dan/atau penyimpanan karbon
- Hutan : wilayah daratan yang didominasi oleh pepohonan
- Reforestasi: proses menanam kembali pohon di lahan yang sebelumnya telah gundul atau terdegradasi
- Pelaporan: penyampaian perkembangan atau hasil kegiatan atau pemberian keterangan mengenai sesuatu hal
- Manajemen Keuangan: kegiatan pengelolaan keuangan, perencanaan, pengendalian aset, pengorganisasian, dan pemantauan guna mencapai tujuan

Index

- biomassa, ix, 8, 15, 16,
20, 31, 36, 37, 38
- bursa karbon, v, 51, 60
- cap and trade*, 58, 63
- carbon, v, vi, 9, 39, 49,
50, 51, 52, 55, 56, 66,
71, 74, 75, 77, 79, 80,
81, 82
- Carbon accounting*, v,
vii, 9, 39
- carbon trading, vi
- deforestasi, v, vi, 6, 8,
21, 64, 70
- Disclosure*, 45, 55
- Emisi, vii, 7, 37, 39, 40,
41, 42, 43, 46, 50, 53,
63, 64, 68, 70, 71, 74
- emisi karbon, iii, v, 7, 8,
9, 10, 21, 22, 39, 40,
43, 47, 48, 49, 50, 51,
56, 57, 59, 60, 61, 64,
65, 66, 67, 68, 73, 74,
75, 76, 77
- Emission*, 40, 66, 70
- E-supply Chain, viii, 12
- gas rumah kaca, 9, 20,
39, 46, 56, 57, 62, 66,
67, 70
- Global Reporting
Initiative, 46, 55, 80
- IFRS*, 44
- indigenous*, iii, 7, 16
- kredit karbon, 52, 57, 65,
67
- Kyoto Protocol*, 56, 62
- Laporan berkelanjutan,
44
- Manajemen Keuangan,
vii, 56
- offset emisi, 63, 78
- pajak karbon, 63, 68, 70,
71, 72, 73, 74, 75, 76,
77
- pasar karbon, 51, 65, 66,
67, 69, 71, 72, 74, 75,
76
- perdagangan karbon,
iii, 45, 56, 57, 58, 59,
60, 61, 62, 63, 66, 71,
77
- Perhutanan sosial, 1, 2,
4, 5, 6, 77
- Ploting, 13
- reforestasi, 9, 65
- vegetasi, v, vii, 8, 10, 13,
14, 15, 20, 31, 32, 33,
34, 35, 36, 37, 38, 77

Biodata Penulis



**B. Linggar Yekti
Nugraheni, S.E., M.Com.,
Akt., Ph.D., C.A**

Penulis adalah peneliti dan dosen di Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Penulis memiliki fokus riset di bidang akuntansi keuangan, tata kelola dan

akuntansi lingkungan. Penulis telah menulis di jurnal internasional dan nasional bereputasi. Penulis mengajar di program S1 dan S2 Akuntansi dan program Doktor Ilmu Lingkungan. Penulis juga merupakan konsultan keuangan dan sistem akuntansi di beberapa organisasi.

Email: ling@unika.ac.id



Shresta Purnamasari, S.E., M.Sc

Penulis adalah peneliti dan dosen di Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Penulis memiliki fokus riset di bidang manajemen keuangan dan tata kelola organisasi serta

keuangan berperilaku. Penulis telah melakukan publikasi pada jurnal-jurnal nasional bereputasi.

Email: shresta@unika.ac.id



**Amrizarois Ismail, S.Pd.,
M.Ling**

Penulis adalah peneliti dan dosen di Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Fakultas Ilmu Teknologi Lingkungan, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Penulis memiliki fokus riset di bidang Ilmu lingkungan,

limbah padat, serta studi Gas Rumah Kaca. Penulis telah melakukan publikasi pada jurnal-jurnal nasional bereputasi, menulis opini di beberapa media massa, serta menerbitkan beberapa Buku diantaranya yang terakhir berjudul “Lingkungan Hidup Dalam Perspektif Agama-Agama”.

Email: amrizarois@unika.ac.id



**R. Setiawan Aji Nugroho,
S.T., M.Comp.IT., Ph.D**

Penulis adalah peneliti dan dosen di Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Penulis fokus riset dibidang kecerdasan

buatan dan *big data analytics*.

Penulis banyak menerbitkan publikasi di jurnal internasional bereputasi. Penulis mengajar di beberapa program S1, S2 dan S3. Penulis merupakan Visiting Scientist di *Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation* (CSIRO) Australia. Penulis juga merupakan konsultan di bidang kecerdasan buatan dan *big data*. Email:

nugroho@unika.ac.id



**Apelina Teresia, S.Ak.,
M.,Ak**

Penulis merupakan dosen di Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Penulis memiliki ketertarikan untuk melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat khususnya berkaitan dengan bidang akuntansi, sistem informasi dan perpajakan. Penulis telah melakukan beberapa riset yang dipublikasikan dalam jurnal nasional bereputasi.
Email: apelina@unika.ac.id



**Stefani Fierzca Dewi, S.Pd.,
M.Sc**

Penulis merupakan dosen di Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang. Penulis memiliki ketertarikan untuk melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat, khususnya di bidang akuntansi manajemen.
Email: stefanidewi@unika.ac.id

**Temukan jawabannya di buku ini,
bagaimana hutan di Jawa memberikan
kontribusi dalam pelestarian lingkungan,
terutama karena kemampuannya
menyerap emisi karbon yang dihasilkan
oleh industri.**

