

Analisis Kapasitas Karbon Ekosistem Gambut Sebagai Strategi Mitigasi Perubahan Iklim Di Pelalawan Riau

Eko Novitra, ST., M.Si.¹, Bob Kurniawan, S.Hut.¹

¹Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pelalawan,
e-mail : ekonovitra1111@gmail.com, bkshut83@gmail.com

Histori artikel	Abstrak
Received: 11 12 2024	Abstrak Kabupaten Pelalawan, yang terletak di Provinsi Riau, merupakan salah satu daerah dengan luas lahan gambut yang sangat signifikan, yakni sekitar 54% dari total luas wilayah kabupaten tersebut. Ekosistem gambut dapat menyimpan karbon dalam jumlah yang sangat besar dan lama, yang jika dikelola dengan baik, dapat berfungsi sebagai penyangga iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas penyimpanan karbon ekosistem gambut, menilai kontribusinya dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, serta mengevaluasi tantangan dalam pengelolaan gambut secara berkelanjutan. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pengukuran kandungan karbon pada berbagai kedalaman gambut, analisis perubahan tutupan lahan, dan estimasi cadangan karbon berdasarkan data lapangan serta sumber sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan memiliki penyebaran yang cukup luas dan dalam, terkonsentrasi di wilayah Kecamatan Teluk Meranti, Kuala Kampar, dan Semenanjung Kampar. Kondisi ini memberikan Kabupaten Pelalawan kapasitas penyimpanan karbon yang signifikan serta potensi serapan karbon yang tinggi, menjadikannya komponen vital dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Tantangan untuk mempertahankan fungsi tersebut adalah tekanan akibat konversi lahan, kebakaran, dan pembangunan kanal yang dapat mengubah gambut menjadi sumber emisi besar. Rekomendasi yang dapat diupayakan adalah restorasi melalui pengelolaan hidrologi dan konservasi untuk memaksimalkan peran gambut sebagai <i>carbon sink</i> . Studi ini menegaskan pentingnya kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam pelestarian ekosistem gambut guna mendukung target pengurangan emisi Indonesia dan mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Kata kunci: ekosistem gambut, mitigasi perubahan iklim, penyimpanan karbon, Pelalawan, restorasi gambut
Accepted: 13 12 2024	
Published: 31 12 2024	
	Abstract <i>Pelalawan Regency, located in Riau Province, is one of the regions with a significant extent of peatland, covering approximately 54% of the total area of the regency. Peatland ecosystems can store large amounts of carbon for extended periods, which, if managed properly, can serve as a climate buffer.</i>

How to cite:	Novitra, E., Kurniawan, B., (2024). Analisis Kapasitas Karbon Ekosistem Gambut Sebagai Strategi Mitigasi Perubahan Iklim di Pelalawan Riau. <i>Jurnal Rivda</i> 2(2).
E-ISSN:	2988 - 5833
Published by:	Badan Riset dan Inovasi Daerah Kabupaten Pelalawan

This study aims to analyze the carbon storage capacity of peatland ecosystems, assess its contribution to reducing greenhouse gas emissions, and evaluate the challenges in the sustainable management of peatlands. The research method uses a quantitative approach through the measurement of carbon content at various peat depths, land cover change analysis, and carbon reserve estimation based on field data and secondary sources. The results show that the peatland ecosystem in Pelalawan Regency is widespread and deep, concentrated in the areas of Teluk Meranti, Kuala Kampar, and the Kampar Peninsula. This condition provides Pelalawan Regency with significant carbon storage capacity and high carbon sequestration potential, making it a vital component in climate change mitigation efforts. The challenges to maintaining this function include pressures from land conversion, fires, and canal construction, which can turn peatlands into major sources of emissions. Recommended actions include restoration through hydrological management and conservation to maximize the role of peatlands as a carbon sink. This study emphasizes the importance of collaboration among the government, communities, and the private sector in preserving peatland ecosystems to support Indonesia's emission reduction targets and achieve the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: peatland ecosystem, climate change mitigation, carbon storage, Pelalawan, peatland restoration.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global merupakan isu yang semakin mendesak bagi seluruh negara di dunia, termasuk Indonesia. Sebagai negara dengan hutan tropis terbesar ketiga di dunia (Kristina, 2021), Indonesia memiliki peran penting dalam mengatasi dampak perubahan iklim melalui upaya mitigasi dan adaptasi. Salah satu komponen utama dalam mitigasi perubahan iklim adalah pengelolaan ekosistem gambut. Ekosistem gambut terbukti memiliki potensi besar dalam menyerap karbon dioksida (CO₂) dan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Ekosistem gambut tropis, khususnya yang terdapat di wilayah Indonesia, menyimpan karbon dalam jumlah yang sangat besar, yang jika dikelola dengan baik, dapat berfungsi sebagai penyangga iklim.

Gambut adalah jenis lahan yang terbentuk dari akumulasi material organik, seperti sisa tanaman dan hewan yang membusuk dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen). Proses pembentukan gambut sangat lambat, dan karena sifat anaerobiknya, gambut mampu menyimpan karbon dalam jumlah besar dalam jangka waktu yang sangat panjang. Oleh karena itu, ekosistem gambut di berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia, dikenal sebagai salah satu penyimpan karbon terbesar di Bumi (Page *et al.*, 2011).

Menurut Harsono (2017), ekosistem gambut tersebar di area lahan rawa, yaitu wilayah transisi antara daratan dan sistem perairan. Lahan ini selalu jenuh air atau tergenang. Tanah gambut umumnya ditemukan di cekungan, depresi, atau bagian-bagian terendah di rawa dan menyebar di dataran rendah sampai tinggi. Gambut dengan luas yang signifikan biasanya terletak di rawa muara sungai di dataran rendah, di mana gerakan naik turun air tanah dipengaruhi oleh pasang surut harian air laut.

Kabupaten Pelalawan memiliki lahan gambut yang sangat luas, yaitu sekitar 718.919 ha (menurut data gambut dari BBSDLP tahun 2019) atau 54% dari luasan kabupaten tersebut. Lahan gambut ini memiliki ekosistem yang unik dan kaya akan keanekaragaman hayati. Selain itu, lahan gambut ini memiliki peran yang sangat penting dalam mitigasi banjir selama musim hujan dan menjamin ketersediaan air secara terus-menerus selama musim kemarau, yang biasanya berlangsung dari bulan Mei hingga Oktober.

Di sisi lain, lahan gambut telah dimanfaatkan untuk kegiatan ekonomi skala besar seperti hutan tanaman industri (sekitar 316.862 ha) dan perkebunan kelapa sawit (133.740 ha). Sementara itu, masyarakat yang tinggal di desa-desa di sekitar lahan gambut mengandalkan lahan gambut sebagai sumber penghidupan, baik untuk bertani, meramu, mencari ikan, maupun berkebun.

Menurut Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Pelalawan, terdapat potensi yang signifikan untuk pengembangan ekonomi di ekosistem gambut, meliputi pariwisata, pertambangan, industri (yaitu kelapa sawit, karet, pulp, dan kertas), serta budidaya perikanan (*aquaculture*). Pendapatan yang dihasilkan dari sektor-sektor ini akan digunakan untuk meningkatkan kesehatan, pendidikan, kebudayaan, dan pertumbuhan ekonomi.

Pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Pelalawan sebagian besar didorong oleh dua sektor ekonomi: (1) pertanian, kehutanan, dan perikanan; serta (2) industri manufaktur. Kedua sektor ini menyumbang lebih dari 87% dari total Rp 34,4 triliun Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Pelalawan. Pendapatan meningkat dari Rp 23,8 triliun pada tahun 2010 menjadi Rp 34,3 triliun pada tahun 2019.

Akan tetapi, pemanfaatan lahan gambut di Pelalawan menghadapi tantangan yang berkaitan dengan isu lingkungan. Permasalahan lingkungan meliputi subsidensi, banjir di musim penghujan, kebakaran hutan di musim kemarau, terancamnya keanekaragaman hayati, pembalakan liar, serta polusi air dan udara.

Degradasi ekosistem gambut akibat konversi lahan dan kebakaran telah mengubah lahan gambut dari penyerap karbon menjadi sumber emisi karbon yang besar. Oleh karena itu, pengelolaan dan konservasi ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan sangat penting untuk mendukung pencapaian target pengurangan emisi GRK Indonesia.

Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) melalui berbagai kebijakan nasional, salah satunya yang tercantum dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN). Pemerintah Indonesia menargetkan pengurangan emisi GRK sebesar 29% pada tahun 2030, dengan sektor kehutanan dan pengelolaan lahan gambut menjadi fokus utama dalam pencapaian target tersebut (KLHK, 2023). Selain itu, dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Provinsi Riau, pemerintah daerah juga berkomitmen untuk mengurangi emisi GRK dengan meningkatkan kualitas lingkungan hidup dan melindungi ekosistem yang mendukung keseimbangan iklim.

Salah satu komponen utama dalam upaya pengurangan emisi GRK adalah ekosistem gambut. Gambut tropis, seperti yang terdapat di Kabupaten Pelalawan, memiliki kemampuan luar biasa dalam menyimpan karbon. Lahan gambut tropis yang tidak terganggu dapat menyimpan karbon dalam jumlah jauh lebih besar dibandingkan

hutan hujan tropis. Lahan gambut tropis mampu menyimpan antara 400 hingga 5.900 ton karbon per hektar, setara dengan 40 kali lebih banyak karbon dibandingkan hutan hujan tropis dengan luas yang sama (Miettinen *et al.*, 2017).

Namun, ketika lahan gambut dikeringkan, teroksidasi, atau terbakar, karbon yang tersimpan akan terlepas ke atmosfer dalam bentuk karbon dioksida (CO₂), sehingga berkontribusi besar terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu, pengelolaan ekosistem gambut secara bijaksana, baik melalui restorasi maupun konservasi, menjadi sangat penting untuk mendukung mitigasi perubahan iklim.

Pemeliharaan dan restorasi ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan juga sejalan dengan komitmen Indonesia dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam upaya mengatasi perubahan iklim dan melindungi ekosistem daratan. Dengan menjaga keberlanjutan fungsi ekosistem gambut sebagai penyimpan karbon, Kabupaten Pelalawan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap mitigasi perubahan iklim di tingkat nasional dan global.

TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kapasitas ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan dalam menyerap karbon serta mengevaluasi dampaknya terhadap upaya mitigasi perubahan iklim, dengan fokus pada kontribusinya dalam pengurangan emisi karbon dan perannya dalam mendukung kebijakan pengelolaan lahan gambut berkelanjutan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pengembangan kebijakan perlindungan ekosistem gambut, khususnya dalam konteks mitigasi perubahan iklim. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar perumusan kebijakan yang lebih efektif untuk mengelola dan melestarikan ekosistem gambut, serta meningkatkan pemahaman tentang kontribusinya dalam pengurangan emisi karbon dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada pengukuran kandungan karbon di lahan gambut untuk memahami kontribusi ekosistem gambut dalam mitigasi perubahan iklim. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Pelalawan, yang memiliki ekosistem gambut luas, dalam, dan beragam. Proses pengumpulan data meliputi identifikasi pemangku kepentingan, telaah literatur, kunjungan lapangan, serta kompilasi data, baik spasial maupun nonspasial.

Penelitian ini mencakup area gambut dengan variasi kedalaman dan penutupan lahan yang berbeda untuk menganalisis bagaimana faktor-faktor tersebut memengaruhi penyimpanan karbon. Sampel penelitian terdiri dari beberapa titik lokasi di Kabupaten Pelalawan yang mewakili variasi kedalaman gambut, mulai dari dangkal hingga sangat dalam, serta beragam jenis penggunaan lahan, seperti hutan, perkebunan, dan lahan terbuka.

Analisis data dilakukan dengan dua pendekatan utama: pertama, analisis kandungan karbon menggunakan hasil pengukuran laboratorium untuk menentukan

seberapa besar karbon yang tersimpan pada berbagai kedalaman gambut. Kedua, analisis statistik deskriptif untuk menggambarkan distribusi kandungan karbon pada lahan gambut di Kabupaten Pelalawan dan untuk mengidentifikasi pola-pola yang mungkin muncul berdasarkan kedalaman gambut, serta penutupan dan penggunaan lahan di atasnya.

Untuk analisis cadangan karbon, estimasi cadangan karbon tiap jenis gambut per hektar menggunakan hasil penelitian Wahyunto *et al.* (2003). Sedangkan estimasi kandungan karbon tiap jenis penutupan dan penggunaan lahan per hektar menggunakan estimasi hasil inventarisasi oleh SatGas REDD+ pada tahun 2012, yang dikompilasi dari Inventarisasi Hutan Nasional dan dari berbagai kajian yang disusun dalam Krisnawati *et al.* (2012) dan dari panduan Kementerian Pertanian.

Proses pengumpulan dan analisis data juga mengacu pada prosedur yang tercantum dalam Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut (RPPEG) Kabupaten Pelalawan yang mengikuti pedoman Permen LHK No. 60/Menlhk/Setjen/KUM.1/10/2019. Data spasial dan penggunaan citra satelit juga digunakan untuk analisis penutupan lahan, yang mencakup citra Sentinel-1 dan Sentinel-2 serta citra *Landsat* 8 untuk analisis perubahan tutupan lahan selama periode 2015–2020, dengan menggunakan metode interpretasi terkendali seperti *Random Forest*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambut di Kabupaten Pelalawan merupakan tumpukan material organik di dataran rendah antara 0 hingga 20 m. Pada tempat tertentu membentuk kubah sehingga disebut kubah gambut, dimana permukaan gambut terangkat dan menjadi semakin tebal dan dalam. Gambut dalam ini banyak terjadi di bagian hilir Sungai Kampar, hampir semua wilayah Kecamatan Teluk Meranti, terutama di Semenanjung Kampar dengan ketinggian lebih dari 15 m.

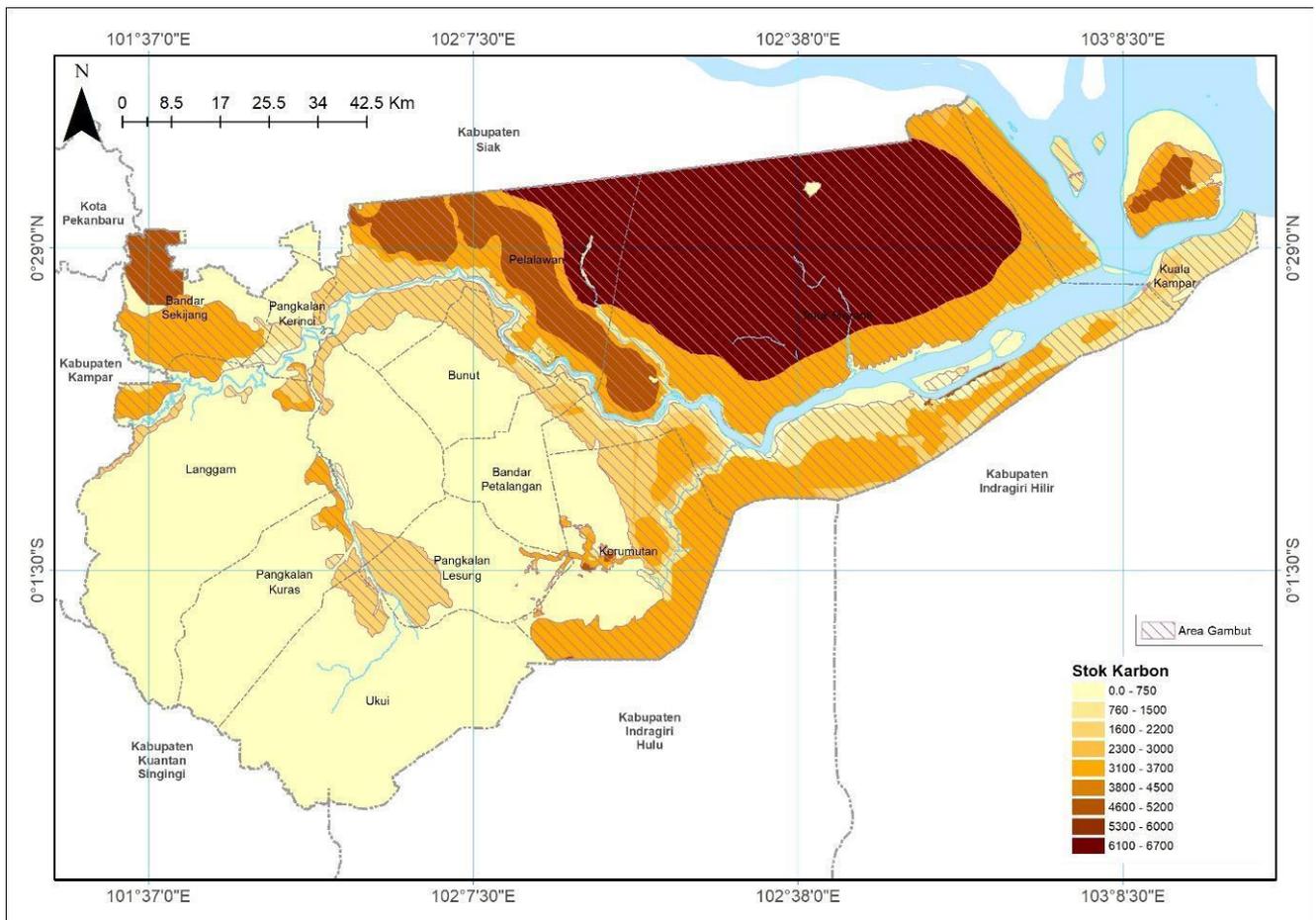
Menurut Kementerian Pertanian (BBSDLP, 2019), terdapat 718.919 ha lahan gambut di Kabupaten Pelalawan. Sebagian besar lahan gambut ini tersebar di Kecamatan Teluk Meranti (383.531 ha), Pelalawan (118.239 ha), Kerumutan (63.772 ha), Kuala Kampar (57.916 ha), dan Bandar Seikijang (30.854 ha).

Sementara untuk kubah gambut di Kabupaten Pelalawan memiliki luas sekitar 428.836 ha, sebagian besar terdapat di Kecamatan Teluk Meranti, Pelalawan, Kuala Kampar dan Bandar Seikijang. Sebanyak 67% dari total luas gambut tergolong sangat dalam, sangat dalam sekali dan ekstrem sangat dalam, dengan kedalaman gambut lebih dari 300 cm (KLHK (2017)).

Kementerian Pertanian (BBSDLP, 2019) menyatakan bahwa jenis tanah gambut di Kabupaten Pelalawan terdiri dari jenis tanah organosol fibrik, organosol hemik, organosol sulfidik dan organosol saprik. Organosol merupakan sifat tanah dengan ketebalan bahan organik lebih dari 50 cm dan kadar C organik lebih dari 12%. Organosol fibrik adalah jenis gambut dengan bahan fibrik, yaitu gambut dengan laju pelapukan awal dan kandungan serat kasar lebih dari 75%.

Sementara organosol hemik adalah jenis gambut dengan bahan hemik, yaitu gambut dengan tingkat pelapukan sedang (setengah matang) dan sebagian bahan sudah mengalami pelapukan yang berupa serat dengan tingkat kekasaran antara 15 hingga 75%. Organosol Saprik adalah jenis gambut dengan pelapukan lanjut (matang) dengan bahan saprik yang memiliki serat kasar kurang dari 15%. Sedangkan organosol sulfidik adalah gambut dengan ketebalan sama dengan atau lebih dari 15 cm dan mengandung pirit 1,46% dan pH asam (H_2O_2) adalah kurang dari 2,5. Sebaran jenis gambut di Pelalawan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Selanjutnya untuk menganalisis cadangan karbon di atas dan di bawah permukaan lahan gambut, estimasi cadangan karbon tiap jenis gambut per hektar menggunakan hasil penelitian dari Wahyunto *et al.* (2003). Sedangkan estimasi kandungan karbon tiap jenis penutupan dan penggunaan lahan per hektar menggunakan estimasi hasil inventarisasi oleh SatGas REDD+ pada tahun 2012, yang dikompilasi dari Inventarisasi Hutan Nasional dan dari berbagai kajian yang disusun dalam Krisnawati *et al.* (2012) dan dari panduan Kementerian Pertanian. Potensi cadangan karbon di atas dan di bawah permukaan tanah dapat ditunjukkan dalam Gambar 1, Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.



Gambar 1. Peta potensi cadangan karbon di atas dan di bawah permukaan tanah di Kabupaten Pelalawan.

Tabel 1. Jumlah Cadangan Karbon (Ton) Bawah Permukaan pada Lahan Gambut di Kabupaten Pelalawan.

<u>No</u>	<u>Gambut</u>	<u>Cadangan Karbon (Ton)</u>
1	<u>Organosol Fibrik</u>	
a	<u>500 < 700 cm</u>	<u>18.034.776,17</u>
2	<u>Organosol Hemik</u>	
a	<u>100 < 200 cm</u>	<u>3.246.305,48</u>
b	<u>200 < 300 cm</u>	<u>11.655.039,70</u>
c	<u>300 < 500 cm</u>	<u>223.685.061,90</u>
d	<u>50 < 100 cm</u>	<u>85.490,65</u>
e	<u>500 < 700 cm</u>	<u>329.684.255,30</u>
3	<u>Organosol Hemik/Organosol Hemik</u>	
a	<u>100 < 200 cm</u>	<u>15.453.116,86</u>
b	<u>200 < 300 cm</u>	<u>4.226.367,83</u>
c	<u>300 < 500 cm</u>	<u>13.658.765,66</u>
d	<u>50 < 100 cm</u>	<u>11.501.788,58</u>
4	<u>Organosol Hemik/Organosol Saprik</u>	
a	<u>> 700 cm</u>	<u>839.227.844,61</u>
b	<u>100 < 200 cm</u>	<u>19.361.972,35</u>
c	<u>200 < 300 cm</u>	<u>165.326.773,55</u>
d	<u>300 < 500 cm</u>	<u>211.749.727,98</u>
e	<u>50 < 100 cm</u>	<u>2.065.194,75</u>
f	<u>500 < 700 cm</u>	<u>529.371.476,20</u>
5	<u>Organosol Hemik/Organosol Sulfidik</u>	
a	<u>100 < 200 cm</u>	<u>57.375.939,23</u>
b	<u>200 < 300 cm</u>	<u>145.352.280,23</u>
c	<u>300 < 500 cm</u>	<u>119.921.657,95</u>
6	<u>Organosol Saprik/Organosol Hemik</u>	
a	<u>100 < 200 cm</u>	<u>13.502.234,92</u>
b	<u>300 < 500 cm</u>	<u>1.366.284,38</u>
c	<u>500 < 700 cm</u>	<u>60.186,25</u>
	TOTAL	2.735.912.540,56

Keterangan: Cadangan karbon pada bawah permukaan lahan gambut di Kabupaten Pelalawan dihitung dari data gambut BBSDLP (2019) dan parameter cadangan karbon tiap jenis gambut di Sumatera dari Wahyunto⁹⁶.

Tabel 2. Jumlah Cadangan Karbon (Ton) di Atas Permukaan Tanah Pada Lahan Gambut di Kabupaten Pelalawan.

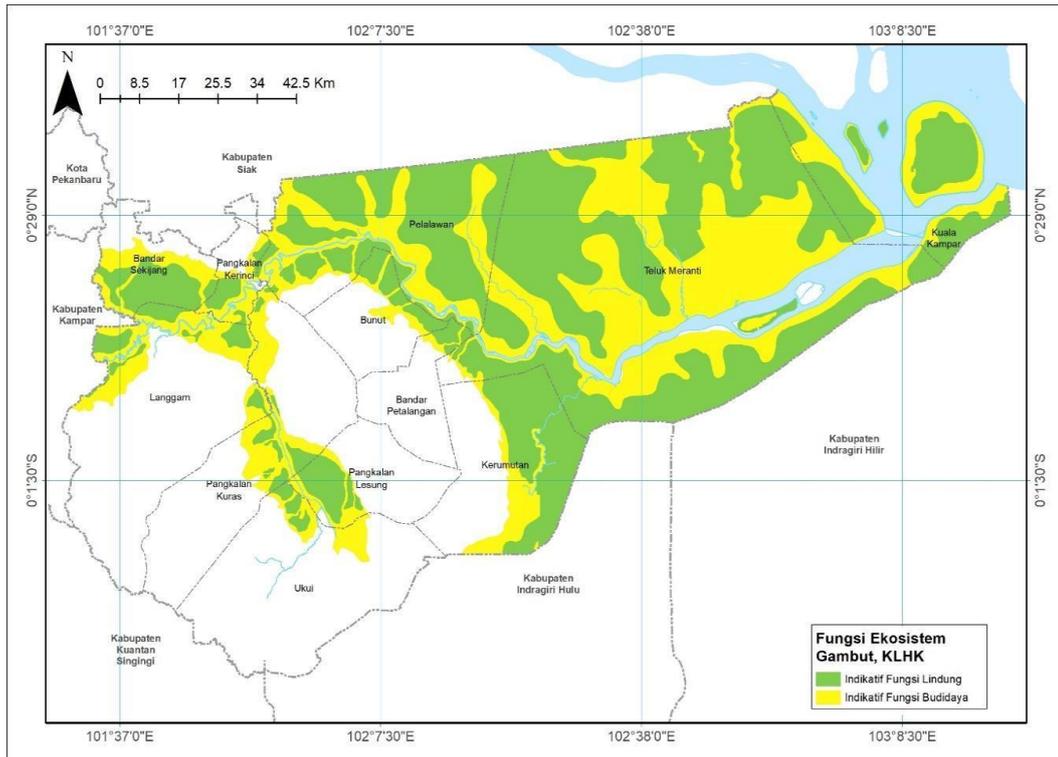
No	Penutup Lahan	Stok Karbon (Ton)
1	Badan Air	-
2	Belukar	117.737,62
3	Belukar Rawa	1.437.926,01
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	5.676.379,38
5	Hutan Mangrove Sekunder	499.288,13
6	Hutan Rawa Primer	2.742.028,12
7	Hutan Rawa Sekunder	62.514.393,78
8	Hutan Tanaman	17.471.189,22
9	Perkebunan	30.293.190,45
10	Permukiman	15.562,68
11	Pertanian Lahan Kering Campur	3.012.379,86
12	Tanah Terbuka	-
	Total	123.780.075,26

Keterangan: Estimasi cadangan karbon (ton) di atas permukaan tanah di Kabupaten Pelalawan dihitung menggunakan penutupan lahan dari PT SEKALA (2020) dan estimasi tiap jenis penutupan lahan dari Satgas REDD+ (2015).

Dari hasil analisis, diperoleh jumlah cadangan karbon pada lahan gambut di Kabupaten Pelalawan berkisar antara 2.822.347.306 hingga 2.859.692.615 ton karbon (2,82 GtC hingga 2,85 GtC), terdiri dari 2.735.912.540 ton karbon (2,7 GtC) gambut di bawah permukaan tanah dan pada tutupan hutan berkisar antara 86.434.766 hingga 123.780.075 ton karbon (0,086 hingga 0,123 GtC) (Wahyunto *et al.*, 2003).

1. Peran Ekosistem Gambut dalam Mengurangi Emisi: Analisis Kontribusi Lahan Gambut terhadap Mitigasi Perubahan Iklim di Tingkat Lokal.

Berdasarkan Permen LHK No. 60 Tahun 2019, fungsi ekosistem gambut adalah tatanan unsur gambut yang berfungsi melindungi ketersediaan air, kelestarian keanekaragaman hayati, penghasil dan penyimpanan cadangan karbon, dan penyeimbang iklim. Menurut peta indikatif fungsi ekosistem gambut SK MenLHK No. 130/2017, total luas kawasan fungsi ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan sekitar 801.684 ha (59,70% dari luas kabupaten ini), di mana 347.977 ha (25,91%) untuk fungsi budidaya, dan 453.707 ha (33,79,6%) untuk fungsi lindung (Gambar 2).



Gambar 2. Peta indikatif Fungsi Ekosistem Gambut. Sumber: KLHK (2017).

Fungsi ekosistem gambut berada di seluruh kecamatan yang ada di Kabupaten Pelalawan. Fungsi ekosistem gambut yang terluas berada di Kecamatan Teluk Meranti yaitu 396.014,81 ha (29,49% dari luas kabupaten) terdiri dari fungsi budidaya 173.210 (12,90%) dan fungsi lindung 222.805 ha (16,59%), kemudian Kecamatan Pelalawan seluas 127.503,65 ha (9,50% dari luas kabupaten) terdiri dari fungsi budidaya 48.127 ha (3,58%) dan fungsi lindung 79.376 ha (5,91%), Kecamatan Kuala Kampar seluas 72.767,21 ha (5,42% dari luas kabupaten) terdiri dari fungsi budidaya 28.459 ha (2,12%) dan fungsi lindung 44.308 ha (3,30%).

Sejalan dengan luasnya ekosistem gambut yang tersebar di berbagai kecamatan di Kabupaten Pelalawan dan perannya yang vital dalam mendukung fungsi budidaya maupun lindung, potensi besar ekosistem ini dalam menyerap emisi karbon menjadi aspek penting yang harus dikelola dengan baik untuk mendukung upaya mitigasi perubahan iklim. Pengurangan emisi karbon telah menjadi isu penting untuk mitigasi perubahan iklim. Indonesia telah menetapkan target nasional penurunan emisi total pada tahun 2030 sebesar 29% -41%.

Ekosistem hutan gambut memiliki kemampuan menyerap karbon dari atmosfer sekitar 10 ton CO₂e per hektar per tahun¹²⁴, sehingga ekosistem hutan gambut primer di Kabupaten Pelalawan (276.044 ha) berpotensi menyerap 2,8 juta ton CO₂e per tahun. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan hutan gambut dalam mengakumulasi karbon di dalam gambut melalui proses fotosintesis, dan lambatnya dekomposisi bahan organik gambut karena genangan air yang dominan. Sehingga peningkatan dan pelestarian kemampuan ekosistem gambut dalam mitigasi emisi

gas rumah kaca sangat ditentukan oleh keberhasilan upaya pemulihan kerusakan ekosistem gambut. Oleh karena itu, mitigasi dan adaptasi perubahan iklim harus ditujukan pada pengelolaan ekosistem gambut dan rencana perlindungan.

2. Tantangan dalam Pelestarian Gambut untuk Mitigasi: Identifikasi Tantangan dalam Menjaga dan Meningkatkan Kapasitas Penyimpanan Karbon di Lahan Gambut.

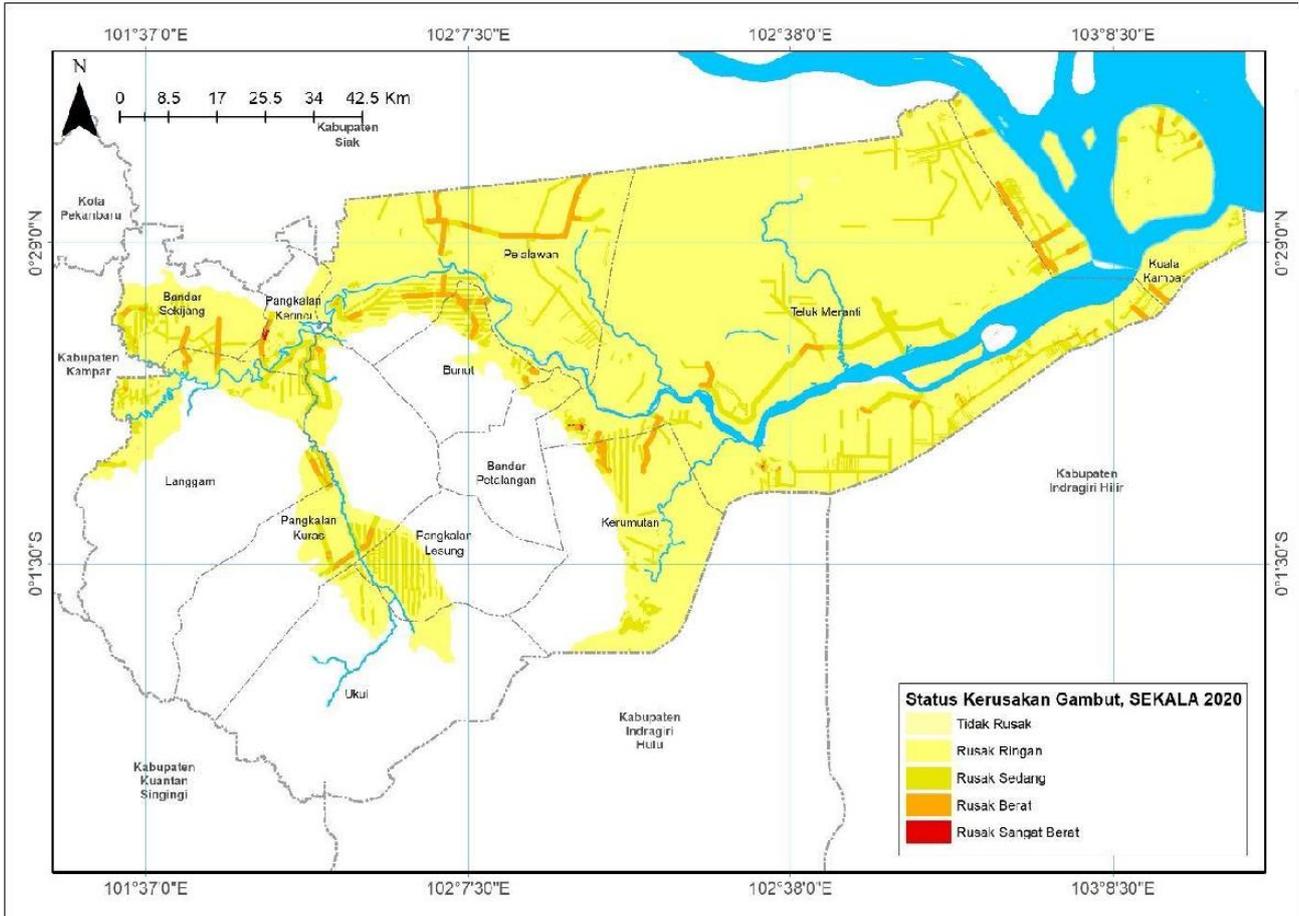
Lahan gambut tropis, khususnya Kabupaten Pelalawan telah dikembangkan sejak tahun 1970-an. Proyek pembangunan pada awalnya dikembangkan di lahan gambut dangkal dekat pantai dan terkait dengan pertanian skala kecil. Namun, penggunaan lahan meningkat secara dramatis pada tahun 1990-an dan berfokus pada area gambut yang lebih dalam di pedalaman. Lahan gambut pada awalnya dibuka untuk transmigrasi, tetapi selanjutnya berkembang untuk perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman industri skala besar.

Beberapa isu kerusakan lahan gambut di Kabupaten Pelalawan adalah penurunan muka tanah (subsiden), emisi CO₂, deforestasi serta kebakaran lahan dan hutan. Kerusakan lahan gambut di Kabupaten Pelalawan didominasi oleh berubahnya kemampuan gambut dalam menjalankan fungsi hidrologi dan terjadinya subsiden.

Jaringan drainase berupa kanal-kanal yang padat telah dibangun di lahan-lahan konsesi kehutanan dan perkebunan. Kanal-kanal ini awalnya dibangun untuk mengeringkan lahan, dan sekarang digunakan untuk mengontrol tinggi muka air tanah. Kanal yang lebar sering digunakan sebagai sarana transportasi perairan. Adanya kanal mengakibatkan terjadi penurunan muka air tanah. Penurunan muka air tanah meningkatkan kadar oksigen yang mempercepat proses dekomposisi bahan organik penyusun gambut. Proses ini menyebabkan peningkatan emisi CO₂ pada lahan gambut (Ishikura *et al.*, 2019).

Secara alamiah, tinggi muka air tanah lahan gambut sepanjang tahun berada dekat dengan permukaan gambut dan ini berfluktuasi tergantung tingkat curah hujan. Namun, pengeringan ireversibel mengakibatkan penurunan permukaan air di bawah ambang kritis 40 cm dan lapisan gambut kering di permukaan yang sangat rentan terhadap kebakaran (Silviana, 2020).

Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2018), sebagian besar lahan gambut Pelalawan (521.481 ha atau 74% dari total luas lahan gambut) belum diklasifikasikan sebagai terdegradasi. Sekitar 182.004 ha lahan gambut Pelalawan diklasifikasikan sebagai terdegradasi. Namun sebagian besar lahan gambut yang terdegradasi ini diklasifikasikan berpotensi mengalami degradasi dan agak terdegradasi. Hanya 4 ha yang diklasifikasikan sebagai kritis. Namun demikian, semua lahan gambut ini berisiko mengalami kerusakan, penurunan permukaan lahan gambut, dan rentan kebakaran akibat pembangunan jaringan saluran drainase yang padat. Status kerusakan gambut di Kabupaten Pelalawan sampai tahun 2020 dapat dilihat pada peta di bawah ini (Gambar 4).



Gambar 3. Peta indikasi kerusakan fungsi ekosistem gambut Kabupaten Pelalawan tahun 2020.

SIMPULAN

Ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang sangat besar, mencapai sekitar 2,82 hingga 2,85 GtC (gigaton karbon). Gambut di wilayah ini, terutama yang memiliki kedalaman lebih dari 3 meter, berfungsi sebagai *carbon sink* alami yang lebih efektif dibandingkan ekosistem hutan tropis lainnya. Apabila dikelola secara berkelanjutan, lahan gambut Pelalawan mampu berkontribusi signifikan dalam menurunkan emisi karbon. Ekosistem ini berperan dalam menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer, sehingga dapat mendukung pencapaian target pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) Indonesia sebesar 29% pada tahun 2030 sesuai dengan komitmen nasional.

Dengan total luas sekitar 718.919 hektar (54% dari total wilayah kabupaten), ekosistem gambut Pelalawan merupakan salah satu cadangan karbon terbesar di Indonesia. Luas penyebaran yang signifikan ini memberikan kontribusi besar dalam menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer, sehingga menjadikannya komponen penting dalam strategi mitigasi perubahan iklim di tingkat lokal.

Gambut di Kabupaten Pelalawan memiliki variasi kedalaman yang berkisar antara 0,5 hingga lebih dari 10 meter, dengan area gambut terdistribusi terkonsentrasi di

wilayah Kecamatan Teluk Meranti, Kuala Kampar, dan Semenanjung Kampar. Ketebalan gambut yang lebih besar secara langsung meningkatkan kapasitas penyimpanan karbon. Setiap hektar lahan gambut tropis di Pelalawan dapat menyimpan antara 400 hingga 5.900 ton karbon, tergantung pada kedalaman dan kondisi ekosistemnya.

Dalam kondisi alami dan tidak terganggu, ekosistem gambut di Pelalawan berperan sebagai *carbon sink* aktif yang mampu menyerap hingga 9–12 ton CO₂ per hektar per tahun, tergantung pada kondisi hidrologi dan vegetasi. Namun, gangguan seperti pengeringan, konversi lahan, dan kebakaran dapat mengubahnya menjadi sumber emisi besar, dengan pelepasan karbon hingga 702 ton CO₂ per hektar dalam waktu singkat, jauh melebihi emisi tahunan deforestasi biasa.

Restorasi ekosistem gambut melalui pengelolaan hidrologi, seperti *rewetting* (pembasahan ulang) dan penutupan kanal drainase, terbukti dapat mengurangi pelepasan emisi karbon yang diakibatkan oleh pengeringan gambut. Pengembalian tinggi muka air tanah di bawah 40 cm merupakan kunci untuk mencegah oksidasi gambut dan mencegah kebakaran lahan.

Keberhasilan mitigasi perubahan iklim di lahan gambut Pelalawan sangat bergantung pada kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat lokal dalam pengelolaan lahan yang berkelanjutan. Pelaksanaan kebijakan seperti Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut (RPPEG) serta peraturan lingkungan lainnya menjadi kunci penting untuk menjaga fungsi ekosistem gambut sebagai penyeimbang iklim. Secara keseluruhan, ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan berperan sebagai komponen kunci dalam mitigasi perubahan iklim. Namun, keberlanjutannya memerlukan pengelolaan yang efektif untuk mempertahankan fungsinya sebagai penyimpan karbon jangka panjang.

Kesimpulannya, semakin luas dan dalam lahan gambut di Kabupaten Pelalawan, semakin besar kapasitasnya dalam menyerap dan menyimpan karbon. Oleh karena itu, perlindungan dan pengelolaan berkelanjutan terhadap gambut dengan kedalaman tinggi dan luas yang signifikan menjadi langkah kunci dalam mendukung mitigasi perubahan iklim di tingkat lokal maupun global.

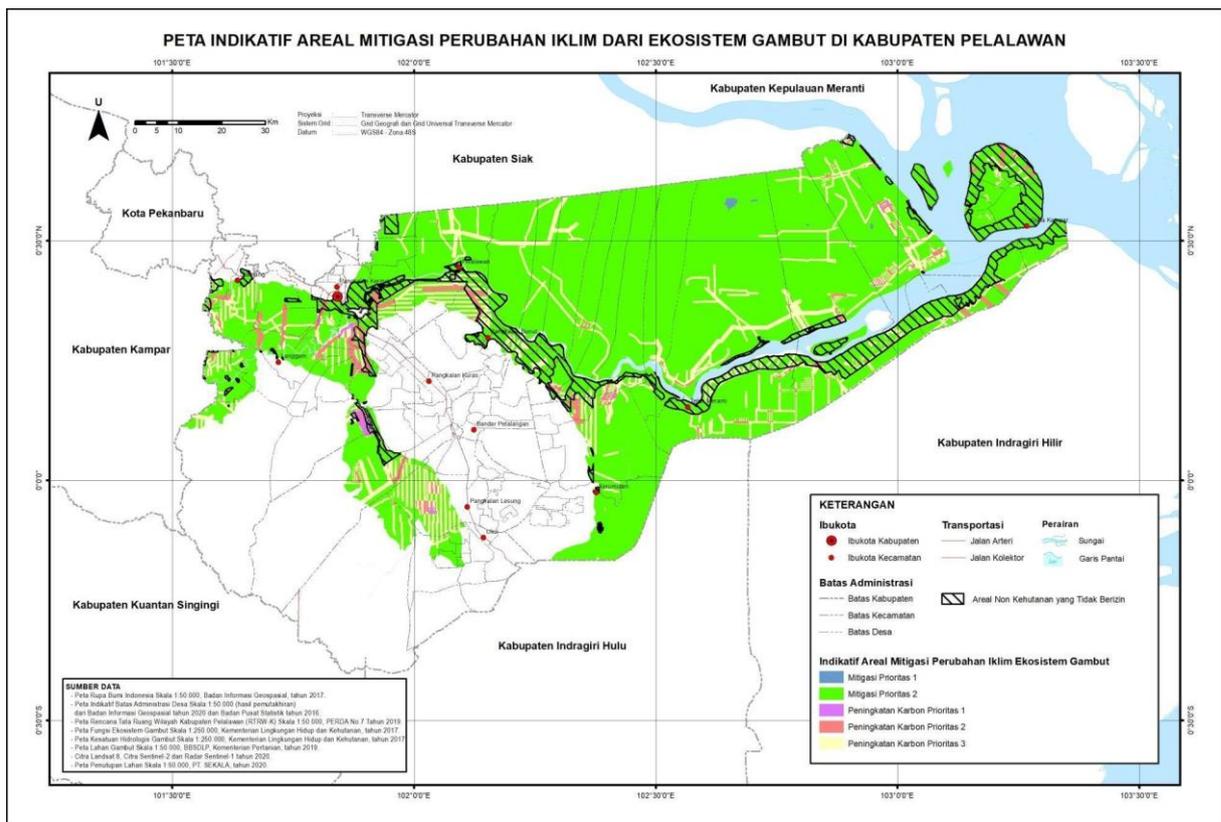
Rekomendasi: Strategi Pengelolaan Gambut untuk Memaksimalkan Fungsi Mitigasinya, termasuk Kebijakan Konservasi.

Penelitian ini menegaskan bahwa ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan memiliki peran strategis dalam mitigasi perubahan iklim. Dengan luas sekitar 718.919 hektar, lahan gambut di wilayah ini menyimpan cadangan karbon yang sangat besar, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Kemampuan ekosistem gambut dalam menyerap dan menyimpan karbon berkontribusi secara signifikan dalam pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) di tingkat lokal dan nasional.

Namun, keberlanjutan fungsi ekosistem gambut di Pelalawan menghadapi tantangan besar, termasuk konversi lahan untuk perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman industri, kebakaran gambut, serta pembangunan jaringan kanal yang mengakibatkan pengeringan gambut. Kerusakan ekosistem ini meningkatkan pelepasan karbon ke atmosfer dan mengurangi kapasitas gambut sebagai penyerap karbon.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan upaya restorasi dan konservasi ekosistem gambut melalui pengelolaan hidrologi, pengurangan aktivitas konversi lahan, dan peningkatan kesadaran masyarakat serta keterlibatan pemangku kepentingan. Langkah-langkah ini tidak hanya mendukung mitigasi perubahan iklim, tetapi juga memperkuat ketahanan ekosistem dan sosial-ekonomi masyarakat di sekitar lahan gambut. Kabupaten Pelalawan dapat menjadi model dalam pengelolaan gambut yang berkelanjutan dan berkontribusi dalam pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam aksi melawan perubahan iklim dan pelestarian ekosistem darat.

Upaya ini bisa dicapai dengan mengurangi kerusakan gambut dan meningkatkan cadangan karbon. Prioritas pencegahan diutamakan pada lahan gambut yang masih utuh dengan keadaan kondisi alami sebagai mitigasi Prioritas I, kemudian Prioritas II pada areal pemanfaatan yang telah mengalami kerusakan. Sedangkan peningkatan cadangan karbon dilakukan sebaliknya, dilakukan mulai dari tingkat kerusakan yang paling parah, bekas terbakar, sebagai area peningkatan karbon Prioritas I. Hal ini untuk mencegah semakin parahnya kekeringan, kebakaran, dan kerusakan gambut. Selanjutnya peningkatan cadangan karbon pada areal dengan kerusakan kanal yang parah sebagai Prioritas II dan pada dengan kerusakan kanal yang ringan sebagai Prioritas III (Gambar 5).



Gambar 4. Peta Indikatif Areal Mitigasi Perubahan Iklim Ekosistem Gambut di Kabupaten Pelalawan.

Mitigasi Prioritas I adalah areal ekosistem gambut yang kondisinya baik. Mitigasi Prioritas II adalah areal ekosistem gambut yang kondisinya rusak ringan. Peningkatan stok karbon Prioritas I adalah areal ekosistem gambut yang kondisinya rusak sangat berat. Peningkatan stok karbon Prioritas II adalah areal ekosistem gambut yang kondisinya rusak berat. Sementara, peningkatan stok karbon Prioritas III adalah areal ekosistem gambut yang kondisinya rusak sedang.

Secara keseluruhan, Kabupaten Pelalawan telah menyusun strategi dan arah kebijakan dalam pengelolaan ekosistem gambut. Hal ini telah tertuang di dalam RPPEG Kabupaten Pelalawan Tahun 2021 - 2050. Ringkasan strategi dan arah kebijakan tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. Ringkasan Strategi dan Arah Kebijakan RPPEG Kabupaten Pelalawan dalam Mitigasi Perubahan Iklim

No	Bidang Perlindungan dan Pengelolaan	Tujuan	Sasaran	Strategi	Arahan Kebijakan
1	Pemanfaatan Ekosistem Gambut				
1.1	Pemanfaatan fungsi lindung	Mengoptimalkan pemanfaatan ekosistem gambut secara terbatas mengacu pada RTRWK Kabupaten Pelalawan dengan menjaga fungsi hidrologisnya untuk kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan dan jasa lingkungan.	Pemanfaatan ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan yang optimal untuk kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan dan jasa lingkungan sambil menjaga fungsi hidrologisnya	<ul style="list-style-type: none"> □ Pengaturan kegiatan penelitian Ekosistem Gambut □ Penyediaan sarana pengembangan ilmu pengetahuan dan pendidikan di Ekosistem Gambut □ Pemanfaatan jasa dan lingkungan Ekosistem Gambut. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Pengembangan penelitian Ekosistem Gambut secara multipihak, terbuka dan bermanfaat untuk mendukung peningkatan kualitas sumber daya manusia dan perekonomian daerah. □ Penyediaan sarana pengembangan ilmu pengetahuan yang diperlukan untuk mendukung koordinasi penelitian, penerapan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, penyebarluasan hasil penelitian untuk meningkatkan kesadaran masyarakat, dan penyadartahuan melalui pendidikan formal dalam kurikulum muatan lokal. □ Penyediaan sarana pengumpul informasi, berupa stasiun-stasiun pengamatan sesuai karakteristik ekosistemnya untuk mendorong publik awareness dalam pengendalian dan pengawasan, termasuk monitoring dan evaluasi dalam perlindungan dan pengelolaan ekosistem gambut. □ Pengembangan pemanfaatan jasa lingkungan untuk kesejahteraan masyarakat sekitarnya dan pembangunan ekonomi Kabupaten Pelalawan.
1.2	Pemanfaatan fungsi budidaya	Mengembangkan berbagai kegiatan budidaya sesuai RTRWK Kabupaten Pelalawan dengan tetap menjaga fungsi hidrologis gambut.	Berkembangnya berbagai kegiatan budidaya di ekosistem gambut Kabupaten Pelalawan dengan tetap terjaganya fungsi hidrologis gambut.	<ul style="list-style-type: none"> □ Pengembangan kebijakan untuk meningkatkan ekonomi wilayah dan kesejahteraan masyarakat dengan tetap menjaga fungsi hidrologis Ekosistem Gambut. □ Pemanfaatan fungsi budidaya Ekosistem Gambut untuk meningkatkan ekonomi 	<ul style="list-style-type: none"> □ Pengembangan kebijakan sektoral dalam pemanfaatan dan penggunaan fungsi budidaya ekosistem gambut dengan tetap menjaga fungsi hidrologisnya. □ Peningkatan usaha/kegiatan pemanfaatan fungsi budidaya ekosistem gambut di kawasan hutan dengan tetap menjaga fungsi hidrologisnya.

			<p>wilayah dan kesejahteraan masyarakat dengan tetap menjaga fungsi hidrologis Ekosistem Gambut.</p>	<p>□ Peningkatan usaha/kegiatan pemanfaatan fungsi budidaya ekosistem gambut di luar kawasan hutan (APL) dengan tetap menjaga fungsi hidrologisnya.</p> <p>□ Pengembangan jenis tanaman asli/endemik dan produk turunannya dalam pemanfaatan ekosistem gambut.</p>	
2	Pengendalian Ekosistem Gambut				
2.1	<p>Pencegahan kerusakan ekosistem gambut</p>	<p>Mencegah kerusakan ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan sesuai dengan kriteria baku kerusakan di fungsi lindung dan budidaya ekosistem gambut</p>	<p>Berkurangnya kerusakan ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan.</p>	<p>□ Pengembangan sistem pencegahan kerusakan Ekosistem Gambut</p> <p>□ Pencegahan pengurangan luas dan/atau volume tutupan lahan.</p> <p>□ Pencegahan kerusakan fungsi hidrologis.</p> <p>□ Pencegahan tereksposnya sedimen berpirit dan/atau kuarsa di lahan bergambut.</p>	<p>□ Penataan Ekosistem Gambut berdasarkan fungsi dan karakteristiknya.</p> <p>□ Peningkatan pemahaman dan kesadaran hukum masyarakat dan kelompok masyarakat dalam PPEG.</p> <p>□ Pengembangan sistem pemantauan dan pengawasan ketaatan terhadap ketentuan kriteria baku kerusakan.</p> <p>□ Penguatan kelembagaan pemerintah dan ketahanan masyarakat.</p> <p>□ Pengembangan sistem deteksi dini pencegahan kerusakan ekosistem gambut (kebakaran, subsidi, kualitas udara, dll).</p> <p>□ Pengamanan areal rawan kebakaran dan bekas terbakar di ekosistem gambut.</p> <p>□ Pencegahan kegiatan dan/atau usaha yang berpotensi mengakibatkan berkurangnya luas dan/atau volume tutupan lahan di Ekosistem Gambut dengan melibatkan pemangku kepentingan terkait.</p> <p>□ Pencegahan pembangunan drainase buatan di fungsi lindung dan pencegahan bertambahnya drainase buatan dan tinggi muka air tanah lebih dari 0,4m di bawah permukaan gambut di fungsi budidaya.</p> <p>□ Pencegahan kegiatan dan/atau usaha yang dapat mengakibatkan tereksposnya sedimen berpirit dan/atau kwarsa terutama kegiatan dan/atau usaha yang dapat menyebabkan kebakaran dengan melibatkan pemangku kepentingan terkait.</p>
2.2	<p>Penganggulan kerusakan ekosistem gambut</p>	<p>Menanggulangi kerusakan-kerusakan yang terjadi di ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan</p>	<p>Minimalnya kerusakan yang terjadi di ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan</p>	<p>□ Penanggulan kerusakan ekosistem gambut secara terpadu dan terkoordinasi.</p> <p>□ Penanggulan kebakaran lahan gambut secara terpadu</p> <p>□ Pembuatan tabat atau bangunan pengendali air secara sistematis</p> <p>□ Penanggulan kerusakan ekosistem gambut akibat pembukaan lahan</p> <p>□ Pengisolasian areal sedimen berpirit dan/atau kwarsa yang terekspos</p>	
2.3	<p>Pemulihan kerusakan ekosistem Gambut</p>	<p>Mengembalikan kondisi ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan yang telah rusak ke fungsi semula.</p>	<p>Pulihnya fungsi ekosistem gambut yang sebelumnya rusak di Kabupaten Pelalawan</p>	<p>□ Optimalisasi pemulihan Ekosistem Gambut</p> <p>□ Peningkatan kapasitas pemulihan ekosistem gambut</p> <p>□ Pemulihan Ekosistem Gambut dengan cara restorasi, rehabilitasi dan suksesi alami</p> <p>□ Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam pemulihan Ekosistem Gambut</p>	
3	Pemeliharaan Ekosistem Gambut				
3.1	<p>Pencadangan Ekosistem Gambut</p>	<p>Menetapkan dan mengelola areal pencadangan ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan</p>	<p>Ditetapkan dan dikelolanya areal pencadangan ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan</p>	<p>□ Identifikasi areal pencadangan Ekosistem Gambut berdasarkan kriteria penetapan areal pencadangan</p> <p>□ Penetapan dan pengelolaan areal pencadangan Ekosistem Gambut</p> <p>□ Pencadangan Ekosistem Gambut dari Areal Penghentian Izin Baru berdasarkan peraturan perundangan</p> <p>□ Pencadangan Ekosistem Gambut dari areal fungsi lindung yang luasnya kurang dari 30% dari luas KHK pada wilayah provinsi atau kabupaten/kota</p> <p>□ Pencadangan Ekosistem Gambut dari areal fungsi budidaya yang 50% dari luasnya yang telah diberikan izin usaha dan/atau kegiatan melampaui kriteria baku kerusakan</p> <p>□ Pencadangan Ekosistem Gambut dari perubahan fungsi budidaya menjadi fungsi lindung Ekosistem Gambut</p> <p>□ Pencadangan Ekosistem Gambut dari lahan gambut yang belum masuk peta KHG</p> <p>□ Penetapan dan pengelolaan areal pencadangan Ekosistem Gambut secara sistematis dalam bentuk peraturan teknis</p>	
3.2	<p>Pelestarian fungsi Ekosistem Gambut</p>	<p>Melestarikan fungsi ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan</p>	<p>Terjaganya fungsi ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan</p>	<p>□ Pelestarian fungsi Ekosistem Gambut pada areal yang tidak rusak atau kondisinya baik</p> <p>□ Pengelolaan areal fungsi ekosistem yang tidak rusak atau kondisinya baik.</p>	

4 Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim				
4.1	Mitigasi emisi gas rumah kaca dari Ekosistem Gambut	Menurunkan tingkat emisi gas rumah kaca yang berasal dari ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan	Menurunnya tingkat emisi gas rumah kaca dari ekosistem gambut yang berada di Kabupaten Pelalawan	<input type="checkbox"/> Optimalisasi pelaksanaan perlindungan dan pengelolaan Ekosistem Gambut untuk menurunkan emisi GRK. <input type="checkbox"/> Pengintegrasian perlindungan dan pengelolaan Ekosistem Gambut terhadap kebijakan mitigasi perubahan iklim <input type="checkbox"/> Pengelolaan data dan informasi kegiatan perlindungan dan pengelolaan Ekosistem Gambut untuk mendukung perhitungan emisi GRK.
4.2	Adaptasi Ekosistem Gambut terhadap perubahan iklim	Meningkatkan ketahanan ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan dari dampak perubahan iklim	Meningkatnya ketahanan ekosistem gambut dan masyarakat sekitarnya dari dampak perubahan iklim di Kabupaten Pelalawan	<input type="checkbox"/> Optimalisasi pelaksanaan perlindungan dan pengelolaan Ekosistem Gambut untuk mendukung ketahanan Ekosistem Gambut dari dampak perubahan iklim. <input type="checkbox"/> Peningkatan kapasitas adaptasi untuk mendukung ketahanan Ekosistem Gambut dari dampak perubahan iklim.
4.3	Adaptasi pembangunan wilayah sekitar Ekosistem Gambut terhadap perubahan iklim.	Mewujudkan pembangunan wilayah yang berkelanjutan dan memiliki ketahanan yang tinggi terhadap dampak perubahan iklim di ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan	Meningkatnya upaya pembangunan wilayah di ekosistem gambut di Kabupaten Pelalawan yang tahan terhadap dampak perubahan iklim.	<input type="checkbox"/> Optimalisasi pembangunan wilayah di Ekosistem Gambut yang tahan terhadap dampak perubahan iklim <input type="checkbox"/> Pembangunan wilayah di Ekosistem Gambut yang tahan terhadap dampak perubahan iklim
			<input type="checkbox"/> Perencanaan adaptasi pembangunan untuk mendukung ketahanan masyarakat terhadap dampak perubahan iklim.	<input type="checkbox"/> Pelarangan pembangunan perumahan dan gedung dengan konstruksi berat, beton pada kawasan Ekosistem Gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- BBSDLP. (2019). *Dokumen atau laporan yang tidak diketahui judulnya*. BBSDLP.
- Dariah, Ai., Maftuah, Eni., Maswar. (2013). "Karakteristik Lahan Gambut," *Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi*.
- Harsono, S. S. (2017). Mitigasi dan Adaptasi Kondisi Lahan Gambut di Indonesia dengan Sistem Pertanian Berkelanjutan. Repository Universitas Jember. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/79693>
- Hooijer, A., Page, S. E., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhainen, J. (2010). Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, 7(5), 1505–1514. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1505-2010>
- Ishikura, K., Hirano, T., Kusin, K., Limin, S., & Osaki, M. (2019). Carbon dioxide and methane emissions from peat soil in an undrained tropical peat swamp forest. *Ecosystems*, 22, 1852–1868. <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00380-2>
- KLHK. (2017). *Dokumen atau laporan yang tidak diketahui judulnya*. KLHK
- KLHK. (2023). *Indonesia's FOLU Net Sink 2030*. <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/7238/indonesias-folu-net-sink-2030>
- Krisnawati, H., Khasanah, N., & Adinugroho, W. C. (2012). *Inventarisasi hutan nasional dan kajian karbon lahan gambut di Indonesia*. Pusat Penelitian Hutan, Badan Litbang Kehutanan.
- Kristina. (2021). 5 Negara dengan Hutan Hujan Tropis Terluas di Dunia, Indonesia Urutan Berapa? *Detik*. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5792555/5-negara-dengan-hutan-hujan-tropis-terluas-di-dunia-indonesia-urutan-berapa>.

- Miettinen, J., Hooijer, A., Vernimmen, R., Liew, S. C., & Page, S. E. (2017). Extent of and carbon storage in peatlands of Southeast Asia. *Global Biogeochemical Cycles*, 31(5), 745–756. <https://doi.org/10.1002/2016GB005567>
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997–2008. *Nature Geoscience*, 4(11), 435–439. <https://doi.org/10.1038/ngeo1182>
- Satgas REDD+. (2012). *Panduan inventarisasi hutan untuk estimasi emisi karbon di sektor kehutanan dan lahan gambut*. Kementerian Kehutanan Republik Indonesia.
- Silviana, S. H., Saharjo, B. H., & Sutikno, S. (2020). Fire risk analysis based on groundwater level in rewetting peatland, Sungaitohor Village, Kepulauan Meranti District, Riau Province. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 796(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/796/1/012041>
- Subarnas, & Dwitama. (2019). Potensi gambut untuk pengembangan PLTU di Kecamatan Teluk Meranti, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 10(2), 12–20.
- Triadi, B., Marpaung, M. F., Khardiman, Y. (2014). *Teknologi Korelasi Antar Parameter Penurunan Gmabut - Kedalaman Air Tanah - Emisi Karbon*. Laporan Akhir Puslitbang Sumber Daya Air PUPR Penelitian Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Daerah Rawa. <https://simantu.pu.go.id/personal/img-post/autocover/c521237cf3a0d4402c0a06cd0b0e1f5f.pdf>. Bandung.
- Uryu, Y., Mott, C., Foad, N., Jaenicke, J., Hatano, R., Siegert, F., & Stüwe, M. (2008). *Deforestation, Forest Degradation, Biodiversity Loss and CO2 Emissions in Riau, Sumatra, Indonesia: One Indonesian Province's Forest and Peat Soil Carbon Loss over a Quarter Century and its Plans for the Future*. WWF Indonesia Technical Report, Jakarta, Indonesia.
- Wahyunto, W., Agus, F., Ritung, S., & Susanti, E. (2003). Estimasi cadangan karbon di ekosistem gambut Indonesia. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 2(1), 45–58.
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto, & Subagjo, H. (2003). *Sebaran gambut dan kandungan karbon di Sumatera dan Kalimantan*. Wetlands International - Indonesia Programme.