

## EMISI KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT (*Elaeis quineensis* Jacq) DI LAHAN GAMBUT

Yessy Taras Tuty<sup>1</sup>, Firlianty<sup>2</sup>, Untung Darung<sup>2</sup>, Adi Jaya<sup>2</sup>, Sustiyah<sup>2</sup>, Alpian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat emisi CO<sub>2</sub> pada berbagai jenis penggunaan lahan gambut serta hubungannya dengan faktor lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi tertinggi ditemukan pada perkebunan kelapa sawit berumur 10 tahun sebesar 373,75 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>, sedangkan emisi terendah terdapat pada lahan semak belukar sebesar 147,66 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>. Faktor lingkungan yang memengaruhi emisi CO<sub>2</sub> meliputi suhu tanah, tinggi muka air tanah, kelembaban, dan pH tanah, dengan suhu tanah serta muka air tanah menunjukkan korelasi signifikan. Penurunan muka air tanah meningkatkan dekomposisi bahan organik sehingga memperbesar pelepasan CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Hasil ini menegaskan pentingnya pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan untuk menekan emisi gas rumah kaca dan menjaga keseimbangan ekosistem.

**Kata kunci:** Emisi CO<sub>2</sub>, Faktor lingkungan, Kelapa sawit, Lahan gambut

### **ABSTRACT**

This study aims to examine CO<sub>2</sub> emissions across various peatland land uses and their relationship with environmental factors. The results showed that the highest emission occurred in 10-year-old oil palm plantations (373.75 mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), while the lowest was observed in shrubland (147.66 mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Environmental factors influencing CO<sub>2</sub> emissions included soil temperature, groundwater table depth, humidity, and soil pH, with soil temperature and groundwater level showing significant correlations. A decrease in the groundwater table led to increased organic matter decomposition and higher CO<sub>2</sub> release. These findings highlight the importance of sustainable peatland management to reduce greenhouse gas emissions and maintain ecosystem balance.

Keywords: CO<sub>2</sub> emissions, Environmental Factors, Oil Palm, Peatland

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu isu lingkungan global yang paling mendesak, ditandai dengan perubahan pola dan intensitas unsur iklim dalam jangka waktu panjang. Fenomena ini terutama disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), yang berasal dari berbagai aktivitas manusia. Emisi CO<sub>2</sub> menjadi penyumbang utama pemanasan global dan perubahan iklim, dengan sumber terbesar berasal dari sektor energi, industri, limbah, pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan. Di Indonesia, komitmen untuk menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 26% telah menjadi bagian penting dari upaya mitigasi perubahan iklim nasional sebagaimana diatur oleh BAPPENAS (2011).

Salah satu ekosistem yang memiliki peranan penting dalam siklus karbon global adalah lahan gambut. Lahan ini berfungsi sebagai penyimpan karbon (carbon storage) yang mampu menahan emisi karbon dalam jumlah besar. Namun, ketika lahan gambut mengalami perubahan fungsi menjadi lahan pertanian atau perkebunan, proses dekomposisi bahan organik meningkat akibat perubahan kondisi hidrologi. Pengeringan dan drainase yang dilakukan untuk menunjang kegiatan budidaya menyebabkan peningkatan oksidasi bahan organik, sehingga terjadi pelepasan CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Kondisi ini menjadikan lahan gambut yang sebelumnya berperan sebagai penyerap karbon justru berubah menjadi sumber emisi karbon.

Perubahan fungsi lahan gambut secara besar-besaran, khususnya untuk perkebunan kelapa sawit, memperparah kondisi tersebut. Sistem drainase yang diterapkan untuk mengurangi kelembapan tanah menyebabkan lapisan gambut yang sebelumnya jenuh air menjadi

terpapar oksigen, sehingga mempercepat dekomposisi bahan organik. Selain itu, penebangan hutan untuk pembukaan lahan sawit juga melepaskan karbon dari biomassa ke atmosfer, memperburuk neraca karbon di wilayah tersebut. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perubahan hidrologi dan pembukaan lahan di ekosistem gambut mengakibatkan gangguan permanen terhadap keseimbangan karbon (Page et al., 2002; Hirano et al., 2007). Dengan demikian, kegiatan perkebunan kelapa sawit di lahan bergambut memiliki dampak langsung terhadap peningkatan emisi CO<sub>2</sub>.

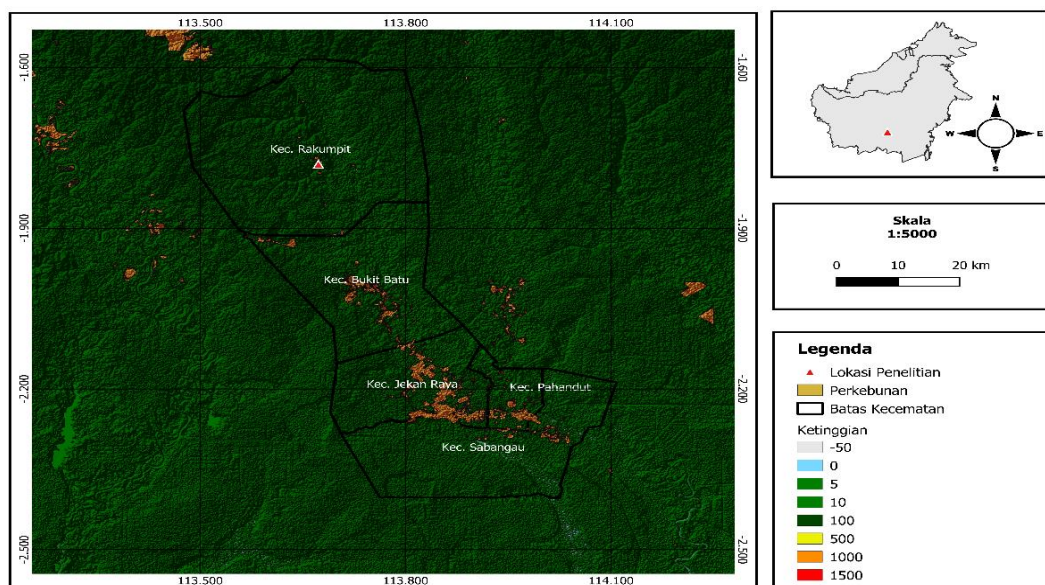
Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) memiliki kemampuan fotosintesis yang tinggi dan berpotensi menyerap karbon dalam jumlah besar. Secara teoritis, setiap hektar kebun sawit dapat menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen lebih banyak dibandingkan hutan alami (Isu & Sawit, 2020). Namun, potensi positif ini hanya dapat tercapai apabila pengelolaan kebun dilakukan secara berkelanjutan. Tanpa praktik pengelolaan yang baik, kebun kelapa sawit di lahan bergambut justru menjadi penyumbang utama emisi karbon. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai besarnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari berbagai tutupan lahan, termasuk kebun kelapa sawit pada umur berbeda, serta faktor-faktor lingkungan yang memengaruhinya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari berbagai tutupan lahan di lahan bergambut dan mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadapnya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui hubungan antara emisi CO<sub>2</sub> dengan variabel lingkungan seperti suhu tanah, kelembaban, pH, dan tinggi muka air tanah, serta menganalisis kontribusi kebun kelapa sawit pada umur yang berbeda terhadap emisi karbon di

atmosfer. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman ilmiah mengenai interaksi antara tutupan lahan, faktor lingkungan, dan emisi CO<sub>2</sub> di ekosistem gambut. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan pengelolaan kebun kelapa sawit yang berkelanjutan, meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap dampak lingkungan, serta mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi gas rumah kaca.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan pada kebun kelapa sawit yang terletak di lokasi perkebunan rakyat km. 15 Kelompok Tani Bina Makmur Kota Palangka Raya provinsi Kalimantan Tengah, pelaksanaannya dari bulan September-Desember 2024. Lokasi penelitian secara detail disajikan pada Gambar 1.



Gambar. 1 Lokasi Penelitian

### Analisis Data

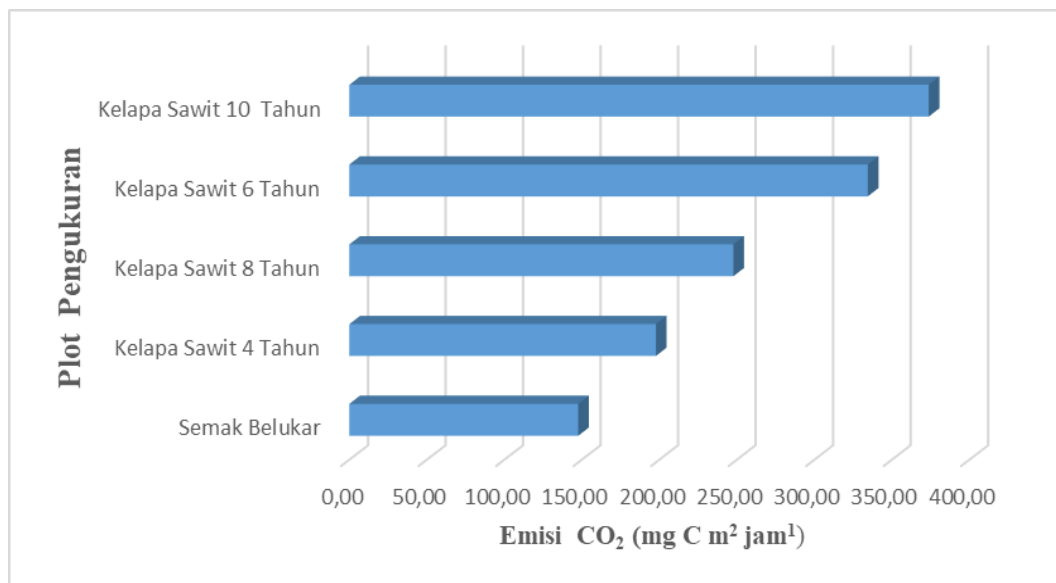
Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan yang saling melengkapi untuk memperoleh hasil

yang komprehensif. Pengumpulan data dilakukan melalui rancangan penelitian plot sederhana (*simple randomized plot*) yang diterapkan pada lima tipe tutupan lahan, yaitu semak belukar, kebun kelapa sawit berumur 4 tahun, 6 tahun, 8 tahun, dan 10 tahun. Pendekatan ini digunakan untuk mengetahui besarnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan serta mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang memengaruhinya. Selanjutnya, hubungan antara emisi CO<sub>2</sub> dan faktor-faktor lingkungan seperti suhu tanah, suhu udara, kelembaban tanah, kelembaban udara, tinggi muka air tanah, pH air, dan pH tanah dianalisis menggunakan uji regresi dan korelasi sederhana untuk menentukan tingkat keeratan dan arah pengaruh antarvariabel. Data yang diperoleh kemudian diolah secara kuantitatif melalui tabulasi dan penyajian dalam bentuk grafik guna menggambarkan pola variasi emisi CO<sub>2</sub> pada berbagai umur tanaman kelapa sawit di lahan bergambut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Pola Emisi CO<sub>2</sub> pada Penggunaan Lahan yang Berbeda**

Hasil penelitian memperlihatkan pola emisi dari 5 (lima) penggunaan lahan, dalam hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola Emisi CO<sub>2</sub> pada Penggunaan Lahan yang Berbeda di Lahan Bergambut

Data pada gambar 2 bahwa emisi CO<sub>2</sub> pada 5 (lima) penggunaan lahan yang berbeda di lahan bergambut menunjukkan bahwa rata-rata emisi CO<sub>2</sub> berkisar 247,75 – 373,75 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>, dimana emisi tertinggi adalah pada penggunaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit umur 10 tahun (373,75 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>) dan terendah terdapat pada penggunaan lahan semak beluar (147,66 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>).

### Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Emisi CO<sub>2</sub>

Hasil pengukuran parameter lingkungan yang mempengaruhi emisi CO<sub>2</sub> pada 5 (lima) penggunaan lahan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Emisi CO<sub>2</sub> dan Parameter Lingkungan

Penggunaan Lahan	CO <sub>2</sub>	Suhu Tanah 4 cm	Suhu Tanah 10 cm	Suhu Udara	Kelembaban Udara	Water Table	pH Tanah
	(mg C m <sup>-2</sup> jam <sup>-1</sup> )	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(cm)	
Semak Belukar	147,66	27,94	26,58	30,17	60,34	-32,37	4,58
Kelapa Sawit 4 Tahun	197,78	28,01	26,51	30,67	59,41	-35,08	4,41
Kelapa Sawit 8 Tahun	247,75	27,78	27,13	30,25	61,32	-33,94	4,39
Kelapa Sawit 6 Tahun	334,45	26,75	26,67	30,30	62,77	-10,86	4,75
Kelapa Sawit 10 Tahun	373,75	28,81	26,33	30,95	62,92	-12,39	4,69

Data hasil penelitian pada tabel 1 memperlihatkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> yang terjadi pada lahan bergambut diakibatkan oleh peangelolaan lahan

atau penggunaan lahan. Emisi CO<sub>2</sub> tertinggi terdapat pada penggunaan lahan perkebunan kelapa sawit umur 10 tahun (373,75 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>) dan terendah terdapat pada penggunaan lahan semak beluar (147,66 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>). Tingginya emisi CO<sub>2</sub> di lokasi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan, antara lain: suhu tanah, kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, tinggi muka air tanah (*water table*), kandungan bahan organik tanah, dan lainnya. Lahan gambut merupakan sumber cadangan karbon terrestrial yang sangat penting untuk diperhitungkan dan hanya meliputi 3% dari luas daratan di seluruh dunia, namun menyimpan 550 Gigaton C atau setara dengan 30% karbon tanah, 75% dari seluruh karbon atmosfer, setara dengan seluruh karbon yang dikandung biomassa (massa total makhluk hidup) daratan dan setara dengan dua kali simpanan karbon semua hutan di seluruh dunia (Jauhianien, *et al.*, 2005). Namun demikian, jika lahan gambut mengalami gangguan maka lahan gambut dapat melepas karbon dalam bentuk CO<sub>2</sub> menjadi sumber *gas rumah kaca*, bersamaan dengan metana (CH<sub>4</sub>) dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O).

### Hubungan Faktor-Faktor Lingkungan dengan Emisi CO<sub>2</sub>

Tabel 2. Hasil Analisis Korelasi (Metode Pearson)

	CO <sub>2</sub>	Suhu Tanah 4 cm	Suhu Tanah 10 cm	Suhu Udara	Kelembaban Udara	Water Table	pH tanah
CO <sub>2</sub>	1,00	-0,34 *	-0,33	0,25	-0,25	0,87 *	-0,21
Suhu Tanah 4 cm	-0,34 *	1,00	0,20	-0,41 *	0,64 *	-0,44 *	-0,15
Suhu Tanah 10 cm	-0,33	0,20	1,00	-0,06	-0,16	-0,51 *	0,14
Suhu Udara	0,25	-0,41 *	-0,06	1,00	-0,13	0,38 *	-0,21
Kelembaban Udara	-0,25	0,64 *	-0,16	-0,13	1,00	-0,24	-0,26
Water Table	0,87 *	-0,44 *	-0,51 *	0,38 *	-0,24	1,00	-0,27
pH tanah	-0,21	-0,15	0,14	-0,21	-0,26	-0,27	1,00

**Keterangan:** warna merah dan tanda \*) menunjukkan pengaruh nyata taraf  $\alpha = 0,05$

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu tanah di lokasi penelitian berkisar antara 24–30°C. Rentang suhu tersebut masih berada

dalam kisaran optimum aktivitas mikroba tanah dan proses dekomposisi bahan organik. Suhu tertinggi umumnya terjadi pada siang hari di area terbuka seperti kebun kelapa sawit umur 10 tahun, sedangkan suhu terendah ditemukan pada lahan semak belukar yang memiliki penutupan tajuk lebih rapat. Variasi suhu ini berpengaruh terhadap besarnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan, di mana lahan dengan suhu tanah lebih tinggi cenderung melepaskan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih besar akibat meningkatnya aktivitas mikroorganisme dan dekomposisi bahan organik.

Emisi CO<sub>2</sub> tertinggi terukur pada lahan kelapa sawit umur 10 tahun sebesar 373,75 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>, sedangkan terendah pada lahan semak belukar sebesar 147,66 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aktivitas respirasi tanah meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman kelapa sawit. Peningkatan emisi juga berkaitan dengan kondisi lingkungan seperti suhu tanah dan kedalaman muka air tanah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin dalam muka air tanah, laju emisi CO<sub>2</sub> semakin tinggi akibat meningkatnya oksidasi bahan organik.

Kondisi hidrologi pada saat penelitian menunjukkan fluktuasi tinggi muka air tanah antara -20 cm hingga -60 cm. Pada kedalaman di bawah -40 cm, lapisan permukaan gambut mulai mengering, sehingga proses dekomposisi berjalan lebih cepat. Hal ini sejalan dengan temuan Jauhiainen et al. (2005) bahwa suhu dan tinggi muka air tanah merupakan faktor dominan yang mengontrol pelepasan karbon di lahan gambut. Selain itu, curah hujan yang tidak merata selama penelitian menyebabkan perbedaan kelembapan tanah antarplot, yang turut memengaruhi besarnya emisi.

Hubungan antara emisi CO<sub>2</sub> dan faktor lingkungan menunjukkan korelasi positif antara suhu tanah dan emisi CO<sub>2</sub>, serta korelasi negatif

antara tinggi muka air tanah dan emisi CO<sub>2</sub>. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu tanah mempercepat dekomposisi bahan organik, sedangkan penurunan muka air tanah meningkatkan oksidasi gambut. Faktor lain seperti pH tanah, suhu udara, dan kelembapan memiliki pengaruh yang lebih lemah terhadap variasi emisi CO<sub>2</sub>.

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Darung et al. (2019) yang menyebutkan bahwa jarak dari saluran drainase tidak secara signifikan memengaruhi emisi CO<sub>2</sub>, namun area yang lebih jauh dari kanal utama cenderung menghasilkan emisi lebih tinggi. Penelitian Jamaludin et al. (2020) juga melaporkan bahwa perkebunan kelapa sawit rakyat menyumbang emisi sebesar 35,9 ton ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> dengan kontribusi respirasi heterotrofik mencapai 57,4%. Sementara itu, Pahlipi et al. (2017) menemukan bahwa emisi meningkat pada kondisi pH mendekati netral, meskipun tidak berbeda nyata antarperlakuan.

Secara keseluruhan, peningkatan suhu tanah dan penurunan tinggi muka air tanah merupakan faktor utama yang meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> di lahan gambut. Pengelolaan drainase dan kelembapan tanah yang baik diperlukan untuk menjaga kestabilan hidrologi serta menekan laju dekomposisi bahan organik, terutama pada perkebunan kelapa sawit berumur lanjut.

## KESIMPULAN

Emisi CO<sub>2</sub> di lahan gambut bervariasi menurut tutupan lahan, tertinggi pada kelapa sawit umur 10 tahun (373,75 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>) dan terendah pada semak belukar (147,66 mg C m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>). Faktor lingkungan utama yang memengaruhi emisi adalah suhu tanah dan tinggi muka air tanah, di mana peningkatan suhu serta penurunan muka air tanah mempercepat dekomposisi bahan organik. Pengelolaan lahan gambut

perlu menjaga muka air tanah di atas –40 cm, melakukan pemantauan kondisi tanah secara rutin, serta menerapkan sistem tanam berkelanjutan untuk menekan emisi dan mencegah degradasi ekosistem.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Restorasi Gambut (BRG). 2016. Mengawali Restorasi Gambut Indonesia. Jakarta.
- Carlson, K. M., Curran, L. M., Asner, G. P., Pittman, A. M. D., Trigg, S. N., & Marion Adeney, J. (2013). Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nature Climate Change*, 3(3), 283–287. <https://doi.org/10.1038/nclimate1702>
- Darian, A., Jubaiedah, Wahyunto, & Pitono, J. 2013. Effect of drainage water level, fertilizer, and ameliorant on CO<sub>2</sub> emission at oil palm plantation on peatland. *Jurnal Littri*, 19(2).
- Darung, U., Soemarno, Dohong, S., & Prayogo, C. (2019). the Effect of Main Canals on Co<sub>2</sub> Emissions in Palm Oil Plantations At Peatland, Central Kalimantan of Indonesia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 88(4), 214–222. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2019-04.27>
- Ditjen. PPKL-KLHK, 2017. Statistik 2017 (Statistik Kualitas Air, Udara, dan Tutupan Lahan. Jakarta.
- Dohong, A. (2018). *Implementing Peatland Restoration in Indonesia: Technical Policies, Interventions and Recent Progress*. September.
- Feng, Q., & Lin, Y. (2017). Integrated processes of anaerobic digestion and pyrolysis for higher bioenergy recovery from lignocellulosic biomass: A brief review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77(March), 1272–1287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.022>
- IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press

- Isu, A., & Sawit, S. (2020). *Palm ' Journal. 1(28)*.
- Jamaludin, J., Gusmayanti, E., & Anshari, G. Z. (2020). Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Pertanian Skala Kecil di Lahan Gambut. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 18(3)*, 582–588. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.582-588>
- Koh, L. P., & Wilcove, D. S. (2008). Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conservation Letters, 1(2)*, 60–64. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263x.2008.00011.x>
- Kurniarahma, L., Laut, L. T., & Prasetyanto, P. K. (2022). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia. *Dinamic, 2(2)*, 368–385.
- Kusin, F. M., Akhir, N. I. M., Mohamat-Yusuff, F., & Awang, M. (2017). Greenhouse gas emissions during plantation stage of palm oil-based biofuel production addressing different land conversion scenarios in Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research, 24(6)*, 5293–5304. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8270-0>.
- Labiba, D., & Pradoto, W. (2018). Sebaran emisi CO<sub>2</sub> dan implikasinya terhadap penataan ruang area industri di Kabupaten Kendal. *Jurnal Pengembangan Kota, 6(2)*, 164–173.
- Lampela, M., Jauhaine, J., Sarkkola, S., & Vasander, H. (2017). To treat or not to treat? The seedling performance of native tree species for reforestation on degraded tropical peatlands of SE Asia. *Forest Ecology and Management, 429* (February), 217–225. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.029>.
- Manning, F. C., Kho, L. K., Hill, T. C., Cornulier, T., & Teh, Y. A. (2019). Carbon Emissions From Oil Palm Plantations on Peat Soil. *Frontiers in Forests and Global Change, 2*(August). <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00037>.
- Pahlipi, M. R., Aryanti, E., Irfan, M., Permanasari, I., & Arminudin, A. T. (2017). Emisi Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Pada Perkebunan Kelapa

- Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Yang Ditumpangsari Dengan Tanaman Pangan Di Lahan Gambut. *Jurnal Agroteknologi*, 7(2), 35. <https://doi.org/10.24014/ja.v7i2.3355>
- Profile, S. E. E. (2018). AH. May. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31986.81604>
- Ritung, S., & Sukarman. (2016). Lahan Gambut Indonesia: Kesesuaian Lahan Gambut untuk Pertanian. In *Lahan Gambut Indonesia*.
- Runtuuwu, E., Kartiwa, B., Sudarman, K., Nugroho, W. T., & Firmansyah, A. 2011. Dinamika elevasi muka air pada lahan dan saluran di lahan gambut. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 21(2), 63-74. <http://doi.org/10.14203/risetgeotam2>.
- Santosa, P. B., & Supriyo, H. 2012. Kondisi Lingkungan Tempat Tumbuh Balangeran di Hutan Rawa Gambut. In Suryanto & T. S. Hadi (eds), *Budidaya Shorea Balangeran di Lahan Gambut* (I, pp. 55-65). Banjarbaru: Balai Penelitian Kehutanan Banjarbaru.
- Sinclair, A. L., Graham, L. L. B., Putra, E. I., Saharjo, B. H., Applegate, G., Grover, S. P., & Cochrane, M. A. 2020. Effects of distance from canal and degradation history on peat bulk density in a degraded tropical peatland. *Science of the total environment*, 699, 134199. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134199>.
- Soegiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*.
- Stephanie, M. C., Gusmayanti, E., & Pramulya, M. (2021). Emisi Co2 pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut yang Telah Mengalami Pemupukan. 205–210. <https://doi.org/10.26418/pipt.2021.8>
- Sulardi. (2022). *Buku Ajar Budidaya Kelapa Sawit* (Issue January).