

Estimasi Emisi Karbon pada Pelaksanaan Konstruksi Cetak Sawah di Kecamatan Sebangau Kuala, Kabupaten Pulang Pisau

Subrata Aditama Kittie Aidon Uda¹⁾, Saritha Kittie Uda²⁾, Devia³⁾

^{1, 3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jl. Yos Sudarso, Kalimantan tengah

²⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan,
Universitas Palangka Raya, Jl. Yos Sudarso, Kalimantan Tengah

E-mail: subrataaditama@jts.upr.ac.id¹⁾; sarithauida@fkip.upr.ac.id²⁾;
deviadev90@eng.upr.ac.id³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v16i1.1338>

(Received: 24 November 2025 / Revised: 20 December 2025 / Accepted: 01 February 2026)

Abstrak

Kegiatan konstruksi, termasuk pembangunan infrastruktur pertanian seperti cetak sawah, merupakan salah satu kontributor signifikan terhadap emisi gas rumah kaca (GRK), khususnya karbon dioksida (CO₂). Konstruksi cetak sawah melibatkan serangkaian aktivitas, seperti pembukaan lahan, pengolahan tanah, transportasi material, dan operasi alat berat, yang berpotensi melepaskan karbon tersimpan, baik di atas permukaan (biomassa) maupun di dalam tanah (karbon tanah). Oleh karena itu, identifikasi potensi emisi karbon dari kegiatan ini menjadi sangat penting sebagai langkah awal dalam merumuskan strategi pembangunan pertanian yang berkelanjutan dan rendah karbon. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung estimasi emisi CO₂ yang dihasilkan oleh alat berat berdasarkan konsumsi bahan bakar, durasi operasi, dan faktor emisi serta material konstruksi yang digunakan. Hasil menunjukkan bahwa alat berat dengan konsumsi solar terbesar memberikan kontribusi tertinggi terhadap total emisi. Hasil penelitian menunjukkan 96,47% emisi karbon dihasilkan dari penggunaan alat berat excavator, sedangkan sisanya berasal dari transportasi (0,13%) dan material konstruksi (3,40%). Emisi karbon yang dihasilkan sebagian besar dari konsumsi bahan bakar minyak (fosil) sehingga perlu adanya upaya meminimalisasi atau mengganti penggunaan bahan bakar fosil dengan energi terbarukan dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Emisi Karbon (CO₂), Konstruksi Cetak sawah, alat berat dan material*

Abstract

Construction activities, including the development of agricultural infrastructure such as rice field cultivation, are a significant contributor to greenhouse gas (GHG) emissions, particularly carbon dioxide (CO₂). Rice field construction involves a series of activities, such as land clearing, soil cultivation, material transportation, and heavy equipment operation, which have the potential to release stored carbon, both above ground (biomass) and in the soil (soil carbon). Therefore, identifying the potential carbon emissions from these activities is very important as a first step in formulating sustainable and low-carbon agricultural development strategies. This study aims to calculate the estimated CO₂ emissions generated by heavy equipment based on fuel consumption, duration of operation, and emission factors and construction materials used. The results show that heavy equipment with the highest diesel consumption contributes the most to total emissions. The results show that 96.47% of carbon emissions are generated from the use of excavators, while the rest comes from transportation (0.13%) and construction materials (3.40%). Carbon emissions are mostly generated from the consumption of fossil fuels, so efforts are needed to minimize or replace the use of fossil fuels with renewable and environmentally friendly energy.

Keywords: *Carbon Emissions (CO₂), Rice Field Construction, Heavy Equipment and Materials*

1. Latar Belakang

Program Swasembada Pangan Nasional merupakan program prioritas pemerintah saat ini dimana pemenuhan kebutuhan pangan menjadi kunci utama dalam mencapai kesejahteraan masyarakat. Jaminan ketersediaan pasokan beras oleh pemerintah bagi masyarakat dapat memberikan peningkatan kepercayaan masyarakat serta stabil ekonomi nasional. Saat ini lebih dari 90% masyarakat Indonesia mengonsumsi beras, sehingga diperlukan strategi dan upaya untuk meningkatkan produksi beras melalui program-program ketahanan pangan yang terukur dan efektif. Penambahan luas baku lahan sawah melalui kegiatan cetak sawah merupakan salah satu langkah untuk menjaga dan meningkatkan produksi padi sehingga swasembada pangan pada komoditas beras dapat terwujud (Ditjend PSP Kementan, 2025). Pemerintah Indonesia menargetkan penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 31,89% dengan upaya sendiri dan 43,20% dengan dukungan internasional pada tahun 2030, menurut dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) terbaru. Target ini merupakan bagian dari komitmen Indonesia dalam Perjanjian Paris untuk menjaga kenaikan suhu global di bawah 2 derajat Celcius. Untuk mencapai target tersebut, berbagai sektor akan terlibat, termasuk energi, kehutanan, dan pertanian (Agung Wibowo et al., 2018; Arunrat et al., 2021).

Kegiatan konstruksi cetak sawah (*paddy field development*) merupakan intervensi besar dalam ekosistem lahan. Meskipun sawah beroperasi memiliki dinamika karbon yang kompleks (sebagai sumber metana sekaligus penyerap karbon organik tanah), fase konstruksinya secara eksplisit merupakan sumber emisi karbon yang signifikan dan sering terabaikan. Emisi ini bersifat "embedded" atau tertanam dalam proses pra-konstruksi, konstruksi, dan berasal dari perubahan penggunaan lahan itu sendiri (IPCC, 2006; Wang et al., 2017; Yang et al., 2024). Agus dalam penelitiannya di Indonesia menunjukkan bahwa konversi hutan sekunder menjadi lahan pertanian (termasuk sawah) dapat melepaskan lebih dari 200 Mg C per hektar (Agus et al., 2013). Yang lebih kritis adalah konversi lahan gambut. Murdiyarso lebih menekankan bahwa drainase dan pembajakan gambut untuk pertanian memicu oksidasi bahan organik yang masif, melepaskan CO₂ dalam jumlah sangat besar dalam jangka waktu panjang, menjadikannya sumber emisi berkelanjutan pasca-konstruksi (Murdiyarso et al., 2010).

Aktivitas konstruksi secara umum menghasilkan emisi karbon melalui dua kategori utama: emisi langsung dan emisi tidak langsung (Jin et al., 2023; Yao et al., 2019). Emisi langsung berasal dari pembakaran bahan bakar fosil pada peralatan konstruksi (seperti excavator, bulldozer, dan truk) dan dari proses kimia/fisika di lokasi proyek. Sementara itu, emisi tidak langsung berasal dari produksi dan transportasi material konstruksi (baja, semen, dll.), serta yang paling krusial dalam konteks cetak sawah di lahan gambut adalah emisi yang dihasilkan dari perubahan penggunaan lahan (*land-use change*). Octavia & Putra meneliti produktivitas dan emisi alat berat dalam proyek jalan. Namun, kajian khusus tentang emisi karbon pada konstruksi cetak sawah masih terbatas (Dyla Midya Octavia & Dede Kurnia Putra, 2022).

Transportasi material dari lokasi produksi ke lokasi konstruksi menghasilkan emisi CO₂, terutama dari pembakaran bahan bakar fosil oleh truk dan alat berat lainnya. Studi menunjukkan bahwa lebih dari 77% emisi di lokasi dapat berasal dari transportasi barang dan material. Faktor-faktor seperti jarak tempuh, jenis bahan

bakar, dan tingkat muatan kendaraan sangat memengaruhi besarnya emisi transportasi (Zhao et al., 2025).

Konstruksi cetak sawah pada dasarnya adalah alih fungsi lahan, yang bisa berupa konversi dari hutan, semak belukar, atau lahan gambut menjadi lahan pertanian basah (He et al., 2025). Konversi lahan, khususnya di lahan gambut, merupakan sumber emisi karbon yang sangat besar. Lahan gambut menyimpan karbon dalam jumlah masif di dalam tanahnya. Ketika lahan gambut dikeringkan untuk keperluan konstruksi dan pertanian, bahan organik yang sebelumnya terendam air menjadi terdekomposisi secara aerob, melepaskan CO₂ dalam jumlah besar ke atmosfer (Hooijer et al., 2010; Yu et al., 2017). Studi Ariani yang melakukan penelitian dengan metode LCA terhadap pembangunan sawah di Indonesia mengungkapkan bahwa selain fase operasional (budidaya padi), fase konstruksi awal memberikan kontribusi yang signifikan, terutama dari aspek penggunaan alat berat dan perubahan lahan. Studi semacam ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan seluruh siklus hidup (*cradle-to-gate*) dalam menilai keberlanjutan suatu proyek cetak sawah (Ariani et al., 2021; Liu et al., 2025).

Pemilihan lokasi harus secara ketat menghindari kawasan dengan cadangan karbon tinggi, terutama hutan dan lahan gambut (Murdiyarso et al., 2010). Prioritas harus diberikan pada optimalisasi lahan terdegradasi atau alang-alang yang memiliki cadangan karbon lebih rendah (Agus et al., 2013). Penerapan praktik manajemen alat berat yang baik, termasuk pemilihan alat berteknologi efisien, perawatan rutin, dan pelatihan operator, dapat mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 20% (Zhang & Wang, 2016). Identifikasi potensi emisi karbon dapat dilakukan dengan pendekatan inventarisasi. Metode yang umum digunakan adalah berdasarkan pedoman dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). IPCC menggunakan faktor emisi default yang disediakan untuk berbagai tipe ekosistem dan aktivitas, yang dapat diadaptasi untuk mengestimasi emisi dari perubahan penggunaan lahan dan konsumsi bahan bakar (IPCC, 2014). Untuk akurasi yang lebih tinggi diperlukan data spesifik lokasi, seperti stok karbon awal (dengan pengukuran lapangan), data konsumsi bahan bakar alat berat, dan data karakteristik gambut. Selain itu, Life Cycle Assessment (LCA) dapat diterapkan untuk menilai emisi dari seluruh siklus hidup proyek, mulai dari akuisisi material hingga fase konstruksi (Torgal & Said Jalali, 2014; Yao et al., 2019; Yu et al., 2017).

Kegiatan konstruksi cetak sawah merupakan proses perubahan lahan untuk membentuk petakan sawah baru. Aktivitas ini sangat bergantung pada alat berat yang menggunakan bahan bakar fosil, sehingga menghasilkan emisi karbon yang berpotensi meningkatkan jejak karbon sektor konstruksi. Penilaian emisi menjadi penting untuk mengidentifikasi sumber emisi terbesar, menyusun langkah mitigasi dan mengembangkan konstruksi yang berkelanjutan. Meskipun penelitian tentang emisi pada proyek konstruksi sudah banyak dilakukan, kajian spesifik pada proyek cetak sawah masih terbatas. Pembangunan sawah baru untuk swasembada pangan beras berisiko meningkatkan emisi karbon, terutama dari konversi lahan gambut dan penggunaan alat berat, sehingga berpotensi bertentangan dengan target penurunan emisi GRK Indonesia. Hal ini menjadi permasalahan dan tantangan utama bagi pemerintah dalam upaya bagaimana menyeimbangkan kebutuhan pangan nasional dengan komitmen pengurangan emisi sesuai NDC Indonesia.

Penelitian ini difokuskan pada upaya optimalisasi emisi karbon dari sektor pertanian melalui efisiensi penggunaan alat berat dan material yang digunakan dalam kegiatan konstruksi pembukaan cetak sawah di tahun 2025. Tujuan penelitian untuk menginvestigasi dan mengukur tingkat konsumsi dari penggunaan alat berat dan material yang digunakan selama kegiatan konstruksi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi pengambil kebijakan dalam perencanaan konstruksi cetak sawah di Indonesia, khususnya di kawasan rawa dan gambut yang memiliki karakteristik tanah lunak dan basah.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Mekar Jaya, Kecamatan Sebangau Kuala, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Kondisi lokasi penelitian memiliki lahan gambut yang luas dan merupakan bagian dari ekosistem penting, rentan terhadap dampak negatif dari aktivitas yang mengubah penggunaan lahan. Lahan yang dijadikan sebagai lokasi tempat konstruksi cetak sawah seluas 479,98 hektar dengan vegetasi berupa pohon galam berdiameter rata-rata 10 cm. Berikut data (Tabel 1) dan peta lokasi penelitian (Gambar 1):

Tabel 1 Kondisi Exisisting Lokasi Cetak Sawah di Desa Mekar Jaya

Data	Informasi Kondisi Existing Lahan
Lokasi	Desa Mekar Jaya , Kecamatan Sebangau Kuala, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah
Titik Koordinat	2°54'53.30606"S 113°48'28.36112"E
Luas Kegiatan	479,98 Hektar
Waktu Konstruksi	120 Hari
Kondisi Vegetasi	Vegetasi Ringan (Pohon Galam diamater 6-12 cm dan semak)
Tebal Gambut	1-2 meter
Sistem Irigasi	Pasang - Surut



Gambar 1 Lokasi Penelitian

2.2 Analisis Data

Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan adalah kombinasi pendekatan kuantitatif. Penelitian ini direncanakan selama 3 (tiga) bulan, dengan rencana kegiatan adalah pelaksanaan penelitian (survei, wawancara dan observasi) dan analisis data untuk menghasilkan indikator dominan dalam menentukan langkah mengukur tingkat konsumsi karbon dan upaya mengoptimalkannya.

Emisi Karbon umumnya berasal dari pembakaran (fosil) yang digunakan seperti pabrik dan kendaraan (Krantz et al., 2015). Embodied Carbon dihitung dengan satuan KgCO₂/Kg material atau berdasarkan satuan fungsinya menggunakan kgCO₂/m³ material atau kgCO₂/m² material, sedangkan untuk karbon yang berasal dari penggunaan alat berat dengan satuan KgCO₂/Liter. Pada masing-masing material dan bahan bakar minyak (BBM) memiliki nilai energi yang berbeda-beda (Hammond & Jone, 2008). Adapun formulasi dalam menghitung jumlah emisi berdasarkan konsumsi material sebagai berikut:

$$ECm = Vm \times CECm \quad (1)$$

$$ECf = Vf \times CECf \quad (2)$$

di mana;

ECm = jumlah karbon yang terdapat pada material (KgCO_{2e})

Vm = Volume Material (KgCO₂/Kg)

CECm = Coefisien Embodied Carbon material (Kg)

ECf = jumlah karbon pada bahan bakar minyak (fosil) (KgCO_{2e})

CECf = Coefisien Embodied Carbon Fuel (KgCO₂/Liter)

Vf = Volume Fuel (bahan bakar minyak (fosil)) (Liter)

Koefisien nilai kandungan emisi pada material dan bahan bakar minyak (BBM) fosil diperoleh berdasarkan data inventory dari *Bath University* (Hammond & Jone, 2008)

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam perhitungan dan analisis karbon diperlukan data jumlah konsumsi bahan atau material yang digunakan pada pembangunan cetak sawah tersebut. Data diperoleh dari Harga Penawaran Sendiri (HPS) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang disetujui dalam kontrak pekerjaan. Tabel 2 menunjukkan uraian kegiatan konstruksi cetak sawah yang merupakan data primer dalam perhitungan volume konsumsi karbon.

Tabel 2 Uraian Kegiatan Konstruksi Cetak Sawah Sesuai Rencana Anggaran Biaya di Desa Mekar Jaya, Kecamatan Sebangau Kuala, Kabupaten Pulang Pisau

NO	URAIAN PEKERJAAN	ANALISA	VOLUME
(1)	(2)	(3)	(4)
A PEKERJAAN PERSIAPAN			
1	Mobilisasi dan Demobilisasi	Lumpsum (La.04)	1,00 Ls
2	Stake out trase infrastruktur (baru) di lapangan	T.04.a.1	479,98 Ha
3	Pekerjaan Pembuatan Direksi Keet / Bedeng Kerja	A.1.08.2a	30,00 M ²
4	Pengukuran dan Pemasangan Patok	U.1.2.1.e.1 (a)	960 Bh
5	Pemasangan Papan Nama Kegiatan / Proyek	U.1.3.f.2 (a)	1,00 Bh
6	Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja SMKK	LA.05	1,00 Ls
B PEKERJAAN LAND CLEARING DAN LAND LEVELLING			
1	Pembersihan Lapangan dan Perataan	U.3.1.b (a)	4.799.768,36 M ²
C PEKERJAAN TANAH			
1	Pekerjaan Pembuatan Badan Tanggul Saluran Irigasi	A.3.02.2b.2	87.247,90 M ³
2	Pekerjaan Galian Saluran dan Penghamparan Galangan di Saluran Tersier	A.3.02.2b.2	29.372,91 M ³

3	Pekerjaan Penghamparan, Perataan dan Pemadatan Galengan (Batas Tanah/Petak Sawah)	A.3.02.1d.2	10.810,10	M ³
4	Pemasangan Pipa PVC Ø 150 mm (6")			
	a. Pemasangan 1m pipa PVC Ø 150 mm (6")	6.4.1.12	2.709,00	M'
	b. Pemasangan Knee PVC Ø 150 mm (6")	6.4.1.12.a	1.806,00	Bh
5	Pemasangan Pipa PVC Ø 200 mm (8")			
	a. Pemasangan 1m pipa PVC Ø 200 mm (8")	6.4.1.12	1.495,00	M'
	b. Pemasangan Knee PVC Ø 200 mm (8")	6.4.1.12.a	230,00	Bh
D PEKERJAAN PENGOLAHAN LAHAN.				
1	Pekerjaan Pengolahan Lahan	Lumpsum	479,98	Ha
E PEKERJAAN PELAPORAN				
1	Pembuatan Laporan (Akhir Pekerjaan, As Build Drawing, RAB, Peta, dll)	Lumpsum	1,00	Ls

Pada kegiatan cetak sawah ini pekerjaan *Land Clearing* dan *Land Leveling* memiliki volume terbesar dimana penggunaan alat berat excavator merupakan alat yang paling banyak menghasilkan karbon yang berasal dari penggunaan bahan bakar fosil. Material pipa merupakan satu-satunya material yang digunakan sebagai alat pendistribusian air irigasi pertanian. Pada pekerjaan pengolahan lahan, alat yang digunakan adalah motor traktor sebagai alat pembajak sawah. Tabel 3 dan 4 merupakan faktor konversi emisi karbon dan dihasilkan berdasarkan jenis material bangunan dan bahan bakar kendaraan yang digunakan selama kegiatan konstruksi. Faktor konversi ini diperoleh dari data ICE Baht University (Hammond & Jone, 2008).

Tabel 3 Faktor konversi emisi CO₂

No	Bahan	Faktor konversi
Material		
1	Pipa PVC	2,50 kg CO ₂ /Kg
2	Kayu	0,46 kg CO ₂ /Kg
Bahan Bakar Minyak		
1	Motor Gasoline	2,32 kg CO ₂ /liter
2	Diesel Fuel	2,66 kg CO ₂ /liter
3	LPG (HD-5)	1,52 kg CO ₂ /liter

Tabel 4 Alat Konstruksi Kegiatan Cetak Sawah

No	Alat	Unit
1	Excavator PC 200	25
2	Excavator PC 75	5
3	Motor Traktor	2
4	Perahu Transport BBM	4

Pada Tabel 5 menunjukkan jumlah volume satuan berdasarkan hasil analisis produktivitas penggunaan alat konstruksi dan transportasi yang mengacu pada analisis pekerjaan sesuai ketentuan yang diatur dalam Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor: 30/SE/DK/2025 (Dirjenbinkon, 2025).

Tabel 5 Jumlah Volume Satuan Berdasarkan Produktivitas Alat

No	Alat Konstruksi	Item Kegiatan	Konsumsi BBM		Produktivitas		Volume Satuan	
1	Excavator PC 200	Land Clearing	17,5	liter/jam	0,0004	jam/M ²	0,007	Liter/M ²
		Pembuatan Badan Tanggul Saluran Irigasi	17,5	liter/jam	0,006	jam/M ³	0,105	Liter/M ³
2	Mini Excavator PC 75	Galian Saluran dan Penghamparan Galengan di Saluran Tersier	9	liter/jam	0,0388	jam/M ³	0,3492	Liter/M ³
		Penghamparan, Perataan dan Pematatan Galengan (Batas Tanah/Petak Sawah)	9	liter/jam	0,0388	jam/M ³	0,3492	Liter/M ³
3	Traktor Bajak	Pengolahan Lahan Sawah	1,246	liter/jam	1,160	jam/Ha	1,4454	Liter/Ha
4	Perahu Kelotok/Getek/Katingting	Transportasi BBM dari Desa Sebangau Permai ke Desa Mekar Jaya	18,5	Km/liter	0,0541	Liter/Km	0,0541	Liter/Km

Hasil perhitungan jumlah konsumsi karbon ditampilkan pada tabel 6, dimana pada pekerjaan *Land Clearing & Leveling* menghasilkan nilai karbon terbesar yaitu sebanyak 1.608.690,36 KgCO_{2e} atau 78,80% dari total karbon selama kegiatan konstruksi. Selanjutnya pekerjaan Pembuatan Badan Tanggul dan pekerjaan Galian Saluran menempati urutan kedua dan ketiga terbanyak dengan jumlah karbon yang dihasilkan masing-masing sebesar 170.578,37 KgCO_{2e} (8,36%) dan 136.418,39 KgCO_{2e} (6,68%). Pekerjaan yang paling sedikit menghasilkan karbon ada pada kegiatan distribusi BBM yang menggunakan transportasi perahu Kelotok dan pekerjaan Pengolahan Lahan dengan Alat Traktor, dimana masing-masing mengkonsumsi karbon sebanyak 2.620,69 KgCO_{2e} (0,13%) dan 3.690,69 KgCO_{2e} (0,12%).

Tabel 6 Rekapitulasi Jumlah Konsumsi Karbon Emisi Berdasarkan Item Pekerjaan Konstruksi Cetak Sawah.

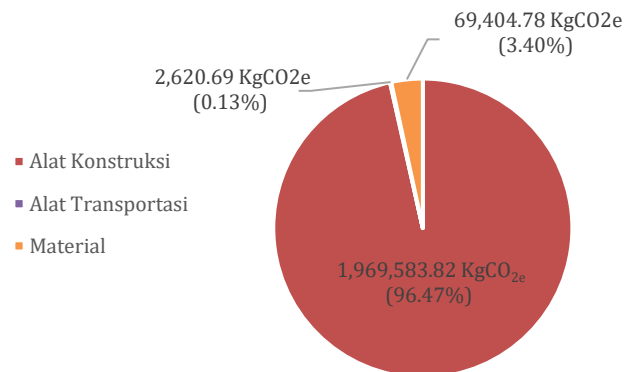
No	Analisis Konsumsi Karbon	Jumlah Karbon		Persentase
1	Land Clearing & Leveling	1.608.690,36	KgCO _{2e}	78,80%
2	Pembuatan Badan Tanggul Saluran Irigasi	170.578,37	KgCO _{2e}	8,36%
3	Galian Saluran dan Penghamparan Galengan di Saluran Tersier	136.418,39	KgCO _{2e}	6,68%
4	Penghamparan, Perataan dan Pematatan Galengan (Batas Tanah/Petak Sawah)	50.206,01	KgCO _{2e}	2,46%
5	Pengolahan Lahan	3.690,69	KgCO _{2e}	0,18%
6	Pemasangan pipa PVC 6"	35.873,37	KgCO _{2e}	1,76%
7	Pemasangan pipa PVC 8"	33.531,41	KgCO _{2e}	1,64%
8	Transportasi BBM ke Lokasi	2.620,69	KgCO _{2e}	0,13%
Total Konsumsi Karbon Pekerjaan Cetak Sawah		2.041.609,29	KgCO _{2e}	100%

Tabel 7 menunjukkan hasil analisis karbon menurut jenis alat yang digunakan selama kegiatan konstruksi dan material yang digunakan. Total konsumsi karbon

mencapai 2.041.609,29 KgCO_{2e} dengan jumlah karbon 4,25 Ton CO_{2e} perhektar. Pada tabel tersebut ditemukan jumlah karbon terbesar pada aktifitas alat konstruksi yaitu penggunaan alat berat excavator dan traktor sebesar 1.969.583,82 KgCO_{2e} (96,47%) atau hampir 2 ribu ton karbon ekuivalen. Hal ini menunjukkan untuk meminimalkan jumlah karbon dapat dilakukan dengan mengoptimalkan produktivitas alat dan metode kerja. Gambar 2 menunjukkan besaran persentasi karbon dimana jumlah karbon terkecil pada penggunaan alat transportasi sebesar 0,13% sedangkan jumlah karbon pada material sebesar 3,40%.

Tabel 7 Hasil Analisis Konsumsi Karbon berdasarkan Alat dan Material

No	Analisis Konsumsi Karbon	Jumlah Karbon		Persentase
1	Alat Konstruksi	1.969.583,82	KgCO _{2e}	96,47%
2	Alat Transportasi	2.620,69	KgCO _{2e}	0,13%
3	Material	69.404,78	KgCO _{2e}	3,40%
Total Konsumsi Karbon		2.041.609,29	KgCO _{2e}	100,00%
Luas Cetak Sawah		479,98	Ha	
Jumlah Karbon dalam Ton		4,25	Ton CO _{2e} /Ha	



Gambar 2 Konsumsi Karbon berdasarkan Kebutuhan Alat dan Material

Tabel 8. memperlihatkan besaran konsumsi karbon menurut jenis alat yang bekerja serta material yang digunakan. Penggunaan alat Excavator PC 200 mengkonsumsi karbon terbesar dengan jumlah 1.779.268,73 KgCO_{2e}, selanjutnya posisi kedua pada alat Mini Excavator PC 45 dengan jumlah karbon 186.624,40 KgCO_{2e}, sedangkan posisi ketiga pada penggunaan material konstruksi dengan jumlah karbon sebanyak 69.404,78 KgCO_{2e}. Jumlah karbon untuk alat Transportasi (kelotok/getek/tingting) dan Traktor Bajak memiliki nilai terendah masing-masing sebesar 2.620,69 KgCO_{2e} dan 3.690,69 KgCO_{2e}. Tabel 8 menunjukkan besaran persentasi karbon dimana jumlah karbon terkecil pada penggunaan alat transportasi sebesar 0,13% sedangkan jumlah karbon terbesar pada penggunaan Alat Excavator PC 200 sebesar 87,15%. Gambar 3 menunjukkan Carbon footprint proses konstruksi Cetak Sawah sesuai dengan pelaksanaan kegiatan konstruksi.

Tabel 8 Hasil Analisis Konsumsi Karbon berdasarkan Jenis Alat dan Material

No	Analisis Konsumsi Karbon	Jumlah Karbon	Persentase
1	Excavator PC 200	1.779.268,73 KgCO _{2e}	87,15%
2	Mini Excavator PC 45	186.624,40 KgCO _{2e}	9,14%
3	Tractor Bajak	3.690,69 KgCO _{2e}	0,18%
4	Transportasi (Kelotok)	2.620,69 KgCO _{2e}	0,13%
5	Material	69.404,78 KgCO _{2e}	3,40%
Total Konsumsi Karbon		2.041.609,29 KgCO _{2e}	100,00%



Gambar 3 Carbon footprint Proses Konstruksi Cetak Sawah

Hasil analisis menunjukkan bahwa alat berat dengan konsumsi solar terbesar memberikan kontribusi tertinggi terhadap total emisi. Untuk itu perlu adanya inovasi sumber energi terbarukan yang menghasilkan energi rendah emisi selain itu modernisasi alat berat dan mesin konstruksi yang mengutamakan teknologi ramah lingkungan sangat membantu mengurangi jumlah emisi (Bhattacharyya et al., 2024). Transisi dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan seperti biodiesel atau listrik dapat mengurangi emisi secara signifikan (Karlsson et al., 2021). Hasil studi ini memberikan gambaran penting bagi pengelolaan proyek yang lebih ramah lingkungan. Temuan ini akan dijadikan sebagai tolak ukur tingkat konsumsi emisi karbon untuk dijadikan sebagai dasar dalam menentukan langkah-langkah meminimalisasi emisi karbon selama kegiatan konstruksi cetak sawah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Smith et al., 2019) yang menemukan bahwa dampak kritis dari pembukaan lahan pertanian baru dapat menambah "utang karbon" (*carbon debt*) lingkungan, sehingga perlu perencanaan dan perhitungan yang matang dalam penerapannya sehingga mampu mengurangi kerusakan lingkungan dan menekan jumlah karbon emisi.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Pembangunan cetak sawah baru di Kalimantan Tengah merupakan salah satu program strategis nasional pemerintah saat ini, Program ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional dengan target swasembada pangan di tahun

2030. Pada pelaksanaannya kegiatan konstruksi cektak sawah berkontribusi signifikan terhadap peningkatan jumlah emisi karbon. Hal ini terbukti dimana total konsumsi karbon yang dihasilkan selama kegiatan konstruksi mencapai 2.041.609,29 KgCO₂e atau setara dengan 4,25 Ton CO₂e per hektar. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi penggerak alat berat menjadi faktor utama yang berkontribusi menghasilkan emisi, dimana sebanyak 96,47% dari total emisi karbon berasal dari alat berat. Kondisi ini menggambarkan pentingnya optimalisasi dan efisiensi penggunaan alat berat untuk meminimalisasi jumlah emisi karbon selama proses konstruksi, selain itu perlu adanya inovasi untuk mendapatkan sumber energi yang ramah lingkungan dan rendah emisi.

4.2 Saran

Rekomendasi strategis untuk mengurangi emisi ke depan meliputi pentingnya dilakukan optimalisasi produktivitas alat berat, Penggunaan teknologi yang lebih efisien, Pergantian bahan bakar fosil dengan energi terbarukan, Pemilihan lokasi yang menghindari lahan gambut dan hutan bernilai karbon tinggi. Dengan demikian, penelitian ini menekankan pentingnya pendekatan konstruksi rendah karbon dalam program cetak sawah untuk mendukung ketahanan pangan berkelanjutan dan komitmen Indonesia dalam penurunan emisi gas rumah kaca.

Ucapan Terima kasih

Mengucapkan terima kasih kepada Universitas Palangka Raya beserta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Palangka Raya atas segala dukungan dan fasilitas yang telah diberikan sepanjang proses penulisan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Agung Wibowo, M., Uda, S. A. K. A., & Zhabrinna. (2018). Reducing carbon emission in construction base on project life cycle (PLC). *MATEC Web of Conferences*, 195, 1–11. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819506002>
- Agus, F., Gunarso, P., Sahardjo, B. H., Harris, N., Noordwijk, M. Van, & Killeen, T. J. (2013). Historical Co₂ Emissions From Land Use and Land Use Change From the Oil Palm Industry in Indonesia , Malaysia and Papua New Guinea. *Reports from the Technical Panels of RSPOs 2nd Greenhouse Gas Working Group*, 65–88. http://www.rspo.org/file/GHGWG2/5_historical_CO2_emissions_Agus_et_al.pdf
- Ariani, M., Hanudin, E., & Haryono, E. (2021). Greenhouse Gas Emissions from Rice Fields in Indonesia: Challenges for Future Research and Development. *Indonesian Journal of Geography*, 53(1), 30–43. <https://doi.org/10.22146/IJG.55681>
- Arunrat, N., Pumijumong, N., Sreenonchai, S., Chareonwong, U., & Wang, C. (2021). Comparison of GHG emissions and farmers' profit of large-scale and individual farming in rice production across four regions of Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123945. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123945>

- Bhattacharyya, P., Sarkar, B., & Roy, K. S. (2024). Editorial: New generation agronomy for net-zero greenhouse gas emissions. *Frontiers in Agronomy*, 6(June), 1–3. <https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1441041>
- Dirjenbinkon. (2025). *Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat* (1st ed.). <https://sijkt.pu.go.id/o/SE-Dirjen-30-2025>
- Ditjend PSP Kementan. (2025). *Petunjuk Teknis Cetak Sawah Tahun Anggaran 2025o Title* (1st ed.). Ditjend PSP Kementan.
- Dyla Midya Octavia, & Dede Kurnia Putra. (2022). Produktivitas Dan Emisi Alat Berat. *Ensiklopedia of Journal PRODUKTIVITAS*, 4(4), 169–173. <https://doi.org/https://doi.org/10.33559/eoj.v4i4.1216>
- Hammond, G. P., & Jone, C. I. (2008). Inventory of Carbon and Energy (ICE) Version 1.6a. *The University of Bath*, 1–64. www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/%0Ahttp://www.ecocem.ie/downloads/Inventory_of_Carbon_and_Energy.pdf
- He, Y., Wu, Y., & Yang, X. (2025). Effective reduction of agricultural carbon emissions via land-use- structure adjustment: A case study of Sichuan Province, Southwest China. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 23(3), 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2025.07.009>
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, 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>
- IPCC. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. *Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, 20.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change* (1st ed.). Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- Jin, J.-H., Jeong, H.-C., Lee, S.-I., Lee, H.-S., Park, H.-R., Yu, Y.-S., Lee, J.-M., Lee, Y.-H., & Gown, H.-S. (2023). Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emission of Rice Cultivation under Minimum Tillage in the Gimje, South Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 56(4), 300–312. <https://doi.org/10.7745/kjssf.2023.56.4.300>
- Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., & Erlandsson, M. (2021). Achieving net-zero carbon emissions in construction supply chains – A multidimensional analysis of residential building systems. *Developments in the Built Environment*, 8(June). <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2021.100059>
- Krantz, J., Larsson, J., Lu, W., & Olofsson, T. (2015). Assessing embodied energy and greenhouse gas emissions in infrastructure projects. *Buildings*, 5(4), 1156–1170. <https://doi.org/10.3390/buildings5041156>
- Liu, H., Miao, Y., Chen, Y., Shen, Y., You, Y., Wang, Z., & Gang, C. (2025). Responses of soil greenhouse gas fluxes to land management in forests and grasslands: A global meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 967(February), 178773. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178773>
- Murdiyarso, D., Hergoualc'H, K., & Verchot, L. V. (2010). Opportunities for reducing greenhouse gas emissions in tropical peatlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(46), 19655–19660. <https://doi.org/10.1073/pnas.0911966107>

- Smith, P., Adams, J., Beerling, D. J., Beringer, T., Calvin, K. V., Fuss, S., Griscom, B., Hagemann, N., Kammann, C., Kraxner, F., Minx, J. C., Popp, A., Renforth, P., Vicente Vicente, J. L., & Keesstra, S. (2019). Land-Management Options for Greenhouse Gas Removal and Their Impacts on Ecosystem Services and the Sustainable Development Goals. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 255–286. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033129>
- Torgal, F. P., & Said Jalali. (2014). *Eco-efficient Construction and Building Materials: Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labeling and Case Studies* (1st ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-892-8>
- Wang, J., Luo, M., Ding, R., Wilkes, A., Wang, S., & Xiao, W. (2017). Study on GHG emission effects of ecological engineering measures in a land consolidation project: A Chinese case. *ZFV - Zeitschrift Fur Geodasie, Geoinformation Und Landmanagement*, 142(2), 78–87. <https://doi.org/10.12902/zfv-0154-2016>
- Yang, Y., Gong, R., Pan, X., Li, X., Hua, Z., Ma, J., Duan, X., & Chen, F. (2024). How Dryland-to-Paddy Conversion Affects the Carbon Emission Efficiency in the Short Term: Evidence from Soil Carbon-Fixing Bacteria and the Carbon Pool in an Experimental Study. *Agriculture (Switzerland)*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/agriculture14122151>
- Yao, S., Zhang, S., & Zhang, X. (2019). Renewable energy, carbon emission and economic growth: A revised environmental Kuznets Curve perspective. *Journal of Cleaner Production*, 235, 1338–1352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.069>
- Yu, M., Wiedmann, T., Crawford, R., & Tait, C. (2017). The Carbon Footprint of Australia's Construction Sector. *Procedia Engineering*, 180, 211–220. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.180>
- Zhang, X., & Wang, F. (2016). Assessment of embodied carbon emissions for building construction in China: Comparative case studies using alternative methods. *Energy and Buildings*, 130, 330–340. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.080>
- Zhao, Q., Wu, Z., Yu, Y., Wang, T., & Huang, S. (2025). Exploring Carbon Emissions in the Construction Industry: A Review of Accounting Scales, Boundaries, Trends, and Gaps. *Buildings*, 15(11), 1–27. <https://doi.org/10.3390/buildings15111900>