

Analisis Daur Hidup Usahatani Jagung Pakan Dengan Mekanisasi Terhadap Gas Rumah Kaca (GRK) Di Desa Tambang Ulang, Kalimantan Selatan

Life Cycle Analysis of Maize Farming with Mechanization Against Greenhouse Gases (GHG) in Desa Tambang Ulang, Kalimantan Selatan

Muhammad Indra Darmawan^{1*}, Adzani Ghani Ilmannafian¹, Mariatul Kiptiah¹, Muhammad Ikhsan Mawardi¹

¹ Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Jl. A. Yani, Km.6, Desa Panggung, Kec. Pelaihari, Kab. Tanah Laut, Kalimantan Selatan 70815, Indonesia

*Email: mindradarmawan@politala.ac.id

Naskah diterima: 02 Oktober 2024; Naskah disetujui: 25 November 2024

ABSTRACT

The development of maize agricultural in Indonesia continues to increase. Along with this, the potential risks in environmental aspects as GHGs will be even greater. The purpose of this study is to identify and measure GHGs in each process flow of maize agriculture and provide recommendations for efficient mitigation efforts against environmental impacts generated by maize agriculture with a semi-automatic system in Tambang Ulang village. The research method used is field research in Tambang Ulang Village with LCA analysis carried out in four stages, definition of objectives and scope, input and output inventory analysis, environmental impact analysis of inventory, and interpretation of results. GHG measurements are carried out using emission factors and energy coefficients, calculations based on the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The results showed that the GHG emissions produced in the production per ton of maize were 401.12 kg CO₂ eq. The largest GHG emissions are produced by urea fertilization with emissions of 51.38% of the total emissions produced. Mitigation recommendations that can be done to reduce GHG emissions are using types of manure with less N amounts and reducing the use of chemical fertilizers; adding organic fertilizers that are more environmentally friendly; and using legume cover crops and N-fixing bacteria as environmentally friendly N sources.

Keywords: greenhouse gases, life cycle assessment, maize

ABSTRAK

Perkembangan pertanian jagung pakan di Indonesia terus meningkat. Seiring meningkatnya hal tersebut, potensi resiko dalam aspek lingkungan seperti Gas Rumah Kaca (GRK) akan semakin besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur GRK dalam usahatani jagung pakan yang menggunakan mekanisasi serta memberikan rekomendasi upaya mitigasi yang efisien terhadap dampak lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian lapangan di Desa Tambang Ulang dengan analisis LCA yang dilakukan dengan empat tahapan yaitu definisi tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori input dan output, analisis dampak lingkungan dari semua input dan output, serta interpretasi hasil. Pengukuran GRK dilakukan dengan menggunakan

faktor emisi dan koefisien energi, selain itu perhitungan menggunakan pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Hasil menunjukkan bahwa emisi GRK yang dihasilkan dalam produksi per ton jagung pipil adalah 401,12 kg CO₂ eq. Potensi emisi GRK terbesar dihasilkan oleh pemupukan urea dengan emisi 51,38% dari total emisi yang dihasilkan. Rekomendasi upaya mitigasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi GRK adalah menggunakan tanaman penutup tanah (cover crop) jenis kacang-kacangan dan bakteri penambat N sebagai sumber N ramah lingkungan; menggunakan jenis pupuk kandang dengan jumlah N yang lebih sedikit; dan mengurangi penggunaan pupuk kimia dan menambahkan pupuk organik yang lebih ramah lingkungan.

Kata kunci : pertanian jagung pakan, gas rumah kaca, kajian daur hidup

PENDAHULUAN

Kabupaten Tanah Laut menghasilkan produksi jagung pakan terbesar di Kalimantan Selatan. Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Selatan merilis data bahwa pada tahun 2021 produksi jagung di Kalsel sebanyak 264.168 ton, dari hasil tersebut Kabupaten Tanah Laut menghasilkan produksi sebanyak 136.748 ton (Satu Data Banua, 2024). Menurut data Direktorat Pakan (2023), kebutuhan jagung pakan tahun 2022 meningkat disbanding tahun 2021 sebesar 9,79 juta ton. Direktorat Pakan juga mengklaim bahwa jagung pakan sebanyak 63,76% di dimanfaatkan oleh industri pakan dan 37,43% dimanfaatkan oleh peternak ayam petelur mandiri.

Banyaknya permintaan bahan baku jagung pakan ini menjadi peluang yang sangat baik bagi masyarakat dan tentunya sangat menguntungkan petani jagung dari sudut pandang ekonomi. Perkembangan ini jika ditinjau dari aspek lingkungan, terutama berkaitan dengan sumber emisi gas rumah kaca (GRK) juga besar kemungkinan akan meningkat. Peluang kegiatan yang menghasilkan GRK pada usahatani jagung pakan meliputi persiapan lahan yang memungkinkan penggunaan mekanisasi, pemupukan, panen, dan pengolahan hasil panen skala petani berupa pemipilan dan pengeringan (Darmawan, *et al.*, 2021). Oleh karenanya, perlu dilakukan analisis resiko dampak lingkungan pada pertanian jagung pakan mulai dari proses persiapan lahan hingga menjadi jagung pipil.

Penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca selama daur hidup produk terkait erat dengan dampak lingkungan yang dimaksud (Darmawan *et al.*, 2021). Dampak pemanasan global disebabkan oleh banyaknya emisi GRK yang terlepas ke atmosfer. Efek rumah kaca, atau peningkatan suhu bumi setiap tahun, dikenal sebagai pemanasan global. Meningkatnya emisi gas seperti karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrooksida

(N₂O), dan *chlorofluorocarbons* (CFC) adalah penyebab efek rumah kaca, yang menyebabkan energi matahari terperangkap di atmosfer bumi (Anggraeni, 2015).

Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan adalah Kajian Daur Hidup atau *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi input, output, dan kemungkinan dampak lingkungan pada daur hidup suatu sistem produk. LCA dimulai dengan identifikasi dampak lingkungan yang positif atau negatif dari suatu proses atau produk, menemukan peluang untuk pengembangan proses dan produk, dan membandingkan dampak lingkungan dari masing-masing proses dan produk (Chaerul, 2020). Prosedur utama yang harus ada pada analisis LCA yaitu definisi tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, analisis pendugaan dampak serta interpretasi. LCA efektif dalam pengidentifikasian, pengukuran, dan penyusunan upaya mitigasi risiko lingkungan seperti yang dilakukan pada penelitian Darmawan *et al.* (2022) pada jagung pakan dan Astuti (2019) pada budidaya tebu.

Perkembangan pertanian jagung pakan ini tidak hanya pada produksi yang dihasilkan, akan tetapi juga pada sistem pertanian yang dilakukan, dimana dulu sistem pertanian jagung masih secara tradisional sekarang sudah banyak para petani menggunakan alat dan mesin (mekanisasi) untuk memudahkan dalam budidayanya seperti mesin pemanen otomatis sehingga petani tidak perlu memetik jagung secara manual. Namun, adanya mekanisasi tersebut tidak luput dari penggunaan bahan bakar yang kemungkinan memiliki dampak negatif terhadap lingkungan sehingga perlu dilakukan analisis dampak lingkungan. Penelitian sebelumnya dari Darmawan *et al.* (2021) dan Darmawan *et al.* (2022) adalah pada pertanian jagung secara manual, sedangkan pada penelitian ini sistem pertanian menggunakan menggunakan mekanisasi dimana pada proses panen menggunakan mesin otomatis yang langsung menghasilkan jagung pipil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengukur GRK dalam setiap alur proses pertanian jagung pakan serta memberikan rekomendasi upaya mitigasi yang efisien terhadap dampak lingkungan yang dihasilkan usahatani jagung pakan dengan mekanisasi di Desa Tambang Ulang.

METODE PENELITIAN

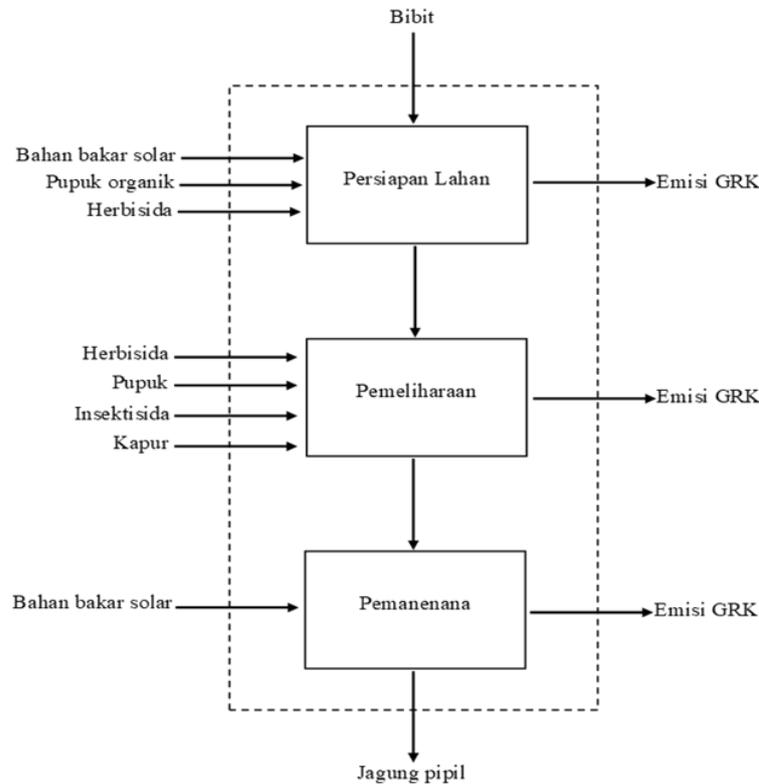
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian lapangan dengan objek penelitian yang adalah lahan pertanian milik Kelompok Tani Subur Utama 1 Desa Tambang Ulang milik Bapak Muhammad Tarmiji yang melaksanakan usahatani jagung pakan dengan mekanisasi. Adapun rancangan penelitian yang dilakukan mengadaptasi rancangan penelitian Darmawan *et al.*, (2022) dan Firdausy *et al.*, (2022). Penelitian dilakukan dari bulan Maret sampai dengan September 2024. Analisis yang digunakan adalah berdasarkan pedoman pelaksanaan LCA menurut Framework SNI ISO 14040:2016, yang terdiri dari 4 tahapan, yaitu definisi tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope definition*), analisis inventori input dan output (*life cycle inventory analysis*), analisis dampak lingkungan (*landscape impact analysis*), dan interpretasi hasil. Semua aliran input dan output sistem terhadap lingkungan diidentifikasi secara kuantitatif dalam setiap tahap kehidupan *cycle*.

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan cara *study literature* beberapa artikel jurnal untuk mendapatkan data yang menjadi acuan penelitian, observasi langsung ke objek penelitian, wawancara, dan dokumentasi. Tahapan dimulai dari persiapan lahan, pengolahan tanah, penyemprotan pemeliharaan 1, pemeliharaan², hingga panen. Jenis data yang diperlukan meliputi konsumsi bahan bakar yang digunakan; alat/mesin yang digunakan, volume bahan yang digunakan, dan hasil produksi yang didapatkan. Jenis data ini bersumber dari wawancara dan atau pengukuran secara langsung.

Definisi Tujuan dan Ruang Lingkup

Definisi tujuan analisis kajian daur hidup pada penelitian ini adalah mengukur emisi GRK yang dihasilkan pada setiap proses yang ada dari yang terkecil hingga terbesar, sehingga dapat merekomendasikan upaya mitigasi terhadap dampak lingkungan yang disebabkan proses tersebut. Batasan ruang lingkup penelitian ini adalah *cradle to gate*, dengan meninjau kegiatan produk pertanian jagung pakan mulai dari proses persiapan lahan hingga mendapatkan produk jagung pipil. Dampak lingkungan yang diukur adalah emisi GRK yang dilepaskan pada produksi satu ton jagung pipil pada tiap tahapan proses, pengukuran GRK faktor emisi pada pustaka dengan perhitungan berdasarkan pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Unit fungsi yang digunakan untuk

emisi GRK adalah kg CO₂ eq/ton jagung pipil. Ruang lingkup penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ruang Lingkup Pertanian Jagung Pakan

Analisis Inventori Input dan Output

Input dalam sistem produk tersebut terdiri dari bahan bakar solar, bibit, herbisida, peptisida, pupuk organik dan kapur. Dari proses pertanian tersebut terdapat input yang menghasilkan emisi GRK yang akan dilakukan pengukuran. Total emisi memiliki satuan Kg CO₂ eq/ ton jagung pipil. Perhitungan total emisi GRK adalah sebagai berikut.

$$E_{\text{Total}} = E_{\text{NPK}} + E_{\text{UR}} + E_{\text{KAP}} + E_{\text{PES}} + E_{\text{HER}} + E_{\text{BB}} + E_{\text{KD}}$$

Keterangan:

- E_{Total} = Jumlah emisi yang dilepaskan
- E_{NPK} = Jumlah pelepasan emisi pada Pupuk NPK
- E_{UR} = Jumlah pelepasan emisi pada Pupuk Urea
- E_{KAP} = Jumlah pelepasan emisi pada Kapur
- E_{PES} = Jumlah pelepasan emisi pada Pestisida
- E_{HER} = Jumlah pelepasan emisi pada Herbisida
- E_{BB} = Jumlah pelepasan emisi pada Bahan Bakar
- E_{KD} = Jumlah pelepasan emisi pada Pupuk Kandang

Tabel 1. Faktor Emisi Per Satuan Unit Sumber Emisi

No	Sumber emisi	Unit	Kg CO ₂ eq/unit	Referensi
1	Herbisida	Kg	4,702	Hakim <i>et al.</i> (2014); Darmawan <i>et al.</i> (2022)
2	Pestisida	Kg	11,025	Pehnelt & Vietze (2013); Darmawan <i>et al.</i> (2022)

Kalkulasi perhitungan jumlah emisi pada setiap tahapan menggunakan faktor emisi pada Tabel 1 dengan rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$E_{sd} = \sum_a (U_a \cdot FE_a)$$

Keterangan:

E_{sd} = Jumlah pelepasan dari sumber emisi Kg CO₂ eq/ ton jagung pipil)

U_a = Jumlah sumber emisi (kg)

FE_a = Faktor emisi(kg CO₂ eq/ kg sumber emisi)

a = Jenis sumber emisi

Perhitungan emisi N₂O bersumber pada kandungan N pada penggunaan pupuk NPK merk phonska (15%), NPK Gandasil D (14%), NPK Gandasil B (6%), pupuk Urea (46%) dan pupuk kandang. Untuk pupuk kandang yang digunakan adalah pupuk kandang ayam pedaging dengan jumlah N sesuai dengan penelitian Purba et al (2019) yaitu 2,79%. Adapun sesuai pedoman IPCC 2006 perhitungan emisi N₂O adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= [\text{N}_2\text{O}_{\text{Direct}-\text{N}} + \text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})-\text{N}} + \text{N}_2\text{O}_{(\text{L})-\text{N}}] 44/28 \\ &= [(F_{\text{SN}} \cdot FE_1) + (F_{\text{SN}} \cdot \text{Frac}_{\text{GASF}} \cdot FE_4) + (F_{\text{SN}} \cdot \text{Frac}_{\text{LEACH}} - (\text{H})) \cdot FE_5] 44/28 \end{aligned}$$

Keterangan:

$\text{N}_2\text{O}_{\text{Direct}-\text{N}}$ = Emisi N₂O-N yang dihasilkan dari pengelolaan tanah (kg N₂O-N pertahun)

$\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})-\text{N}}$ = Emisi N₂O-N yang dihasilkan dari penguapan N ke atmosfer pada pengelolaan tanah (KgN₂O-N pertahun)

$\text{N}_2\text{O}_{(\text{L})-\text{N}}$ = Emisi N₂O-N yang dihasilkan dari penghancuran dan limpasan pemakaian N untuk pengelolaan tanah (kgN₂O-N pertahun)

F_{SN} = Jumlah pupuk buatan N yang digunakan pertahun (N kg/ thn)

FE_1 = Faktor emisi untuk N₂O dari penggunaan N (kg N₂O N/kg N)

$\text{Frac}_{\text{GASF}}$ = Fraksi N pupuk buatan yang menguap sebagai NH₃ dan NO_x,kg N penguapan/(kg N digunakan)

FE_4 = Faktor emisi untuk N₂O dari N endapan atmosfer pada tanah dan permukaan air [kg N-N₂O/(kg NH₃-N + NO_x-N penguapan)]

$\text{Frac}_{\text{LEACH}}-(\text{H})$ = fraksi dari semua penggunaan N digunakan pada pengelolaan tanah yang hilang pada penghancuran dan limpasan, kg N/(kg N digunakan)

FE_5 = Faktor emisi untuk N₂O dari penghancuran N dan limpasan, kg N₂O-N/ (kg N penghancuran dan limpasan)

Tabel 2. Nilai standar faktor emisi N₂O

No	Faktor	Nilai Standar
1	FE ₁ (Kg N ₂ O N/Kg N)	0,01
2	FE ₄ [Kg N- 0,01 N ₂ O/(Kg NH ₃ -N+NO _x -N Penguapan)]	0,01
3	FE ₅ Kg N ₂ O -N/ (Kg N penghancuran dan limpasan)	0,0075
4	Frac _{GASF} Kg N 0,1 penguapan/(Kg N digunakan)	0,1
5	Frac _{LEACH-(H)} Kg 0,30 N/(Kg N digunakan)	0,30

Sumber: IPCC (2006)

Perhitungan jumlah emisi CO₂ dari pupuk urea dilakukan sesuai dengan IPCC (2006). Penggunaan faktor emisi untuk pupuk urea sesuai dengan pedoman IPCC (2006) yaitu 0,2.

$$E_{UR} = (M_{UR} \cdot FE_{UR}) \cdot 44/12$$

Keterangan:

- E_{UR} = Jumlah pelepasan emisi dari pupuk urea (Kg CO₂ eq/ ton jagung pipil)
- M_{UR} = Massa urea yang digunakan (Kg)
- FE_{UR} = Faktor emisi urea

Perhitungan jumlah emisi CO₂ dari kapur (CaCO₃) sesuai dengan IPCC (2006). Penggunaan faktor emisi kapur yaitu 0,12 dengan perhitungan berikut.

$$E_{LS} = (M_{LS} \cdot FE_{LS})$$

Keterangan:

- E_{LS} = Jumlah pelepasan emisi dari kapur (Kg CO₂ eq/ton)
- M_{LS} = Massa kapur yang digunakan (Kg)
- FE_{LS} = Faktor emisi kapur

Sedangkan untuk perhitungan emisi penggunaan bahan bakar fosil yaitu solar pada traktor dan *combine* sesuai dengan pedoman IPCC (2006) pada mesin pertanian dengan faktor emisi mengambil nilai standar yang telah ditetapkan.

$$E_{BB} = \sum_j (Fuel_j \cdot FE_j)$$

Keterangan:

- E_{BB} = Jumlah pelepasan emisi dari bahan bakar (Kg CO₂ eq/ ton jagung pipil)
- Fuel_j = Jumlah konsumsi energi bahan bakar (TJ)
- FE_j = Faktor emisi (Kg/TJ)
- J = jenis bahan bakar

Tabel 3. Faktor Emisi Mesin Pertanian

Bahan Bakar	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Mesin Pertanian (solar)	74100	4,15	28,6

Perhitungan konsumsi energi yang dilakukan dalam sesuai dengan ruang lingkup penelitian akan dikalikan dengan faktor konversi energi per satuan unit sumber daya dan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Koefisien Energi Per Satuan Unit Sumber Daya

Sumber daya	Unit	Energi ekivalen (MJ)/unit	Referensi
Diesel (Solar)	Liter	56,3	Vural & Efecan (2012)

Analisis Dampak Lingkungan Dari Semua Input Dan Output

Analisis dampak lingkungan yang dihitung dan difokuskan pada penelitian ini adalah emisi GRK yang dihasilkan. Emisi GRK menyebabkan potensi pemanasan global atau *global warming potential (GWP)*. Semua emisi pada analisis inventori input dan output kemudian dikonversikan menjadi setara CO₂ eq. Perhitungan GWP (100) tahun mengacu pada pedoman IPCC (2014) pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Potensi Pemanasan Global Emisi Gas Rumah Kaca

No	Gas Rumah Kaca	Potensi Pemanasan Global (100 Tahun)
1	CO ₂	1
2	CH ₄	28
3	N ₂ O	265

Sumber: IPCC (2014)

Interpretasi Hasil

Tahapan interpretasi hasil adalah evaluasi fase inventarisasi dan analisis dampak lingkungan adalah langkah terakhir dalam interpretasi hasil (Hakim et al., 2014). Hasil penelitian digunakan untuk membuat saran tentang cara mengurangi risiko lingkungan bagi usahatani jagung pakan yang menggunakan mekanisasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Usahatani jagung pakan di Desa Tambang Ulang milik Bapak Muhammad Tarmiji ini terbagi beberapa tahapan yaitu persiapan lahan, pemeliharaan dan pemanenan hingga menjadi jagung pipil. Dalam satu tahun petani melakukan 2 kali proses tanam dan panen dengan luas lahan 8 hektar dengan hasil pertahun yaitu 101,6 ton. Hasil dari analisis LCA ini yaitu mengetahui dampak lingkungan berupa GRK yang dihasilkan dari proses pertanian jagung pakan dengan sistem pertanian semi otoamtis dengan hasil seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Emisi GRK Pertanian Jagung Pakan

No	Sumber Emisi	Penggunaan (perton jagung pipil)	Emisi (kg CO ₂ eq/ton jagung pipil)
1	Bahan bakar	11,024 Liter	50,76
2	Pupuk Kandang	551,181 Kg	84,85
3	NPK	9,475 Kg	52,28
4	Urea	62,992 Kg	206,08
5	Kapur	15,748 Kg	1,89
6	Pestisida	0,276 Liter	3,04
7	Herbisida	0,472 Liter	2,22
Total Emisi			401,12

Emisi GRK yang dihasilkan dari proses pertanian jagung pakan menggunakan mekanisasi seperti pada Tabel 6 diatas menunjukkan bahwa dalam satu tahun proses pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi ini menghasilkan emisi GRK 401,12 kg CO₂ eq/ton jagung pipil. Adapun emisi GRK terbesar adalah penggunaan pupuk urea dengan emisi 206,08 kg CO₂ eq/ton jagung pipil atau 51,38 % dari emisi keseluruhan. Penyebab tingginya emisi pada pupuk urea ini dikarenakan jumlah N pada pupuk urea yang tinggi yaitu 46%. Ini disebabkan oleh hidrolisis pupuk N menjadi amonium (NH₄⁺), yang kemudian berubah menjadi nitrat (NO₃) yang mudah hilang dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi, menghasilkan produk antara berupa dinitrogen oksida (N₂O) (Hartmann *et al.*, 2020), sehingga emisi N₂O yang dihasilkan jika dikonversikan ke CO₂ menjadi 365 kali lipat. Selain urea, penggunaan pupuk NPK dan pupuk kandang menghasilkan banyak N₂O. Kebutuhan pupuk yang tinggi menyebabkan potensi GRK yang tinggi.

Selain urea penggunaan pupuk kandang dan NPK pada pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi ini juga cukup tinggi, sama halnya dengan Urea, penggunaan pupuk NPK dan pupuk kandang juga memiliki unsur hara N yang menyebabkan tingginya emisi yang dihasilkan, dimana pada NPK menggunakan 3 merk pupuk yang berbeda yaitu Phonska dengan N 15%, gandasil D dengan jumlah N 14 % dan gandasil B dengan jumlah N 6%. Sedangkan kandungan unsur hara pada pupuk kandang ayam pedaging yaitu 2,79%, dimana dosis penggunaannya yang sangat besar beberapa kali lipat dari sumber daya lainnya yang menyebabkan penggunaan pupuk kandang ini menjadi penghasil emisi terbesar kedua yaitu 21,15 % dari semua emisi yang dihasilkan pada pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi di desa Tambang Ulang.

Tanaman jagung pakan sangat membutuhkan unsur hara nitrogen untuk pertumbuhan selama masa vegetatif. Menurut Arifah *et al.* (2019), tingkat pembelahan sel dan pembentukan jaringan meningkat dengan dosis N yang lebih tinggi, yang

menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik. Pada pertanian jagung pakan, pupuk urea dan NPK diberikan dua kali setiap tanam untuk pertumbuhan generatif dan vegetatif.

Hasil emisi dari penggunaan bahan bakar pada pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi ini juga cukup besar dikarenakan proses pemanenan yang dilakukan dengan mesin *combine* sehingga menggunakan bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemanenan secara manual. Walaupun pemanenan menggunakan combine ini menghasilkan emisi lebih tinggi namun bagi para petani pemanenan seperti ini lebih menguntungkan secara teknis dan ekonomi karena waktu pemanenan yang cepat dan tenaga kerja manusia yang lebih sedikit.

Emisi GRK yang dihasilkan dari pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi ini dibandingkan dengan emisi GRK yang dihasilkan sistem pertanian jagung pakan secara tradisional yang dilakukan oleh penelitian Darmawan et al, (2022) pada pertanian model A seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan emisi GRK (Kg CO₂ eq/ton jagung pipil) Jagung Pakan Sistem Pertanian Menggunakan Mekanisasi dengan Sistem Tradisional

Parameter Pemanding	Sistem Tradisional	Menggunakan Mekanisasi
Bahan bakar	16,82	50,76
Pupuk kandang	10,99	84,85
NPK	41,38	52,28
Urea	245,36	206,08
Kapur	-	1,89
Herbisida	0,71	2,22
Pestisida	1,10	3,04
Total emisi	316,36	401,12

Perbandingan diatas menunjukkan bahwa emisi yang dihasilkan dari pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi lebih besar dibandingkan pertanian jagung pakan dengan sistem pertanian tradisional, dimana pada sistem pertanian menggunakan mekanisasi emisi yang dihasilkan sebesar 401,12 kg CO₂ eq/ton jagung pipil. Sedangkan pada sistem pertanian tradisional dari penelitian Darmawan *et al.*, (2022) emisi yang dihasilkan sebesar 316,36 kg. Perbandingan yang sangat jelas terlihat pada dua sistem pertanian tersebut yaitu pada pemakaian bahan bakar dan pupuk kandang. Potensi emisi bahan bakar yang digunakan pada pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi ini dikarenakan banyaknya penggunaan solar dari mulai dari proses pembajakan, pelarikan, pemanenan dan perontokan sisa jagung yang tertinggal. Sedangkan pada sistem pertanian tradisional pemanenan masih dikerjakan secara manual dengan cara dipetik. Perbedaan yang besar pada penggunaan pupuk kandang dikarenakan bedanya jenis

pupuk kandang yang digunakan, pada pertanian menggunakan mekanisasi di desa tambang ulang ini pupuk kandang yang digunakan adalah pupuk kandang ayam pedaging dengan jumlah N sesuai dengan penelitian Purba et al (2019) yaitu 2,79%. Sedangkan pada pertanian jagung pakan sistem tradisional jenis pupuk kandang yang digunakan adalah pupuk kandang ayam petelur dengan jumlah N sesuai dengan penelitian Arifah *et al.*, (2019) yaitu 1,5 % sehingga emisi GRK yang dihasilkan berbeda dimana semakin banyak unsur N pada pupuk tersebut maka semakin tinggi potensi emisi GRK yang dihasilkan. Selain dua pengaruh ini, besarnya potensi emisi CO₂ yang dihasilkan juga dipengaruhi porsi pemakaian sumber daya oleh petani yang berbeda-beda sesuai dengan kesuburan tanah dan kebutuhan sumber daya masing-masing petani.

Adapun rekomendasi upaya mitigasi terhadap dampak lingkungan yang mungkin dapat dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Menggunakan tanaman penutup tanah (*cover crop*) jenis kacang-kacangan dan bakteri penambat N sebagai sumber N ramah lingkungan.

Penelitian Liem *et al.* (2019), menunjukkan bahwa penggunaan bakteri penambat N seperti *Rhizobium japonicum* efektif untuk meningkatkan produktivitas jagung dan defisiensi unsur N yang sering terjadi pada usahatani jagung. Pada perkembangannya *Rhizobium* dalam perannya sebagai penambat N, memerlukan proses simbiotik dengan tanaman jenis kacang-kacangan seperti kedelai. Kedelai yang ditanam selain menjadi inang *Rhizobium* juga menjadi tanaman penutup tanah yang secara langsung juga akan mengurangi gulma dan penggunaan herbisida pada usahatani jagung pakan.

2. Menggunakan jenis pupuk kandang dengan jumlah N yang lebih sedikit

Saat ini pada pertanian jagung pakan dengan sistem pertanian menggunakan mekanisasi di desa tambang ulang menggunakan pupuk kandang ayam pedaging yang jumlah N sesuai dengan penelitian Purba et al (2019) yaitu 2,79%. Penggunaan pupuk kandang ayam pedaging ini dapat digantikan dengan jenis pupuk kandang yang memiliki jumlah N yang lebih sedikit seperti pupuk kandang ayam petelur dimana jumlah N sesuai dengan penelitian Arifah *et al.*, (2019) yaitu 1,5 %, sehingga dapat mengurangi potensi emisi GRK yang dihasilkan oleh penggunaan pupuk kandang.

3. Mengurangi penggunaan pupuk kimia dan menambahkan pupuk organik yang mengandung N yang lebih ramah lingkungan.

Penggunaan pupuk kimia yang banyak seperti urea memiliki potensi emisi GRK yang sangat tinggi. Untuk mengurangi emisi yang dihasilkan maka perlu mengurangi pemakaian urea dan menambahkan pupuk organik yang lebih ramah lingkungan.

Terkait hal ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut perlu mengenai efektivitasnya terhadap tanaman dan dampak penggunaannya terhadap potensi GRK yang dihasilkan. Salah satu alternatif adalah menggunakan gabungan dua jenis pupuk anorganik dan organik seperti pada penelitian Dewanto *et al.*, (2013) yang membandingkan pengaruh penggunaan pupuk anorganik dan organik/kompos yang bersumber dari feces ayam, jerami jagung dan EM4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi pemupukan anorganik dan organik dapat meningkatkan produksi jagung.

KESIMPULAN

Pertanian jagung pakan dengan menggunakan mekanisasi menghasilkan emisi GRK 401,12 kg CO₂ eq/ton jagung pipil. Penghasil emisi GRK terbesar adalah penggunaan pupuk urea dengan emisi 206,08 kg CO₂ eq/ton jagung pipil atau 51,38 % dari emisi keseluruhan. Rekomendasi upaya mitigasi yang dapat dilakukan adalah menggunakan tanaman penutup tanah (*cover crop*) jenis kacang-kacangan dan bakteri penambat N; menggunakan jenis pupuk kandang dengan jumlah N yang lebih sedikit; dan mengurangi penggunaan pupuk kimia dan menambahkan pupuk organik yang lebih ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) dengan Kontrak Nomor: 406/SPK/D.D4/PPK.01.APTV/VIII/2024 atas dukungan pendanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, D. Y. 2015. "Pengungkapan Emisi Gas Rumah Kaca, Kinerja Lingkungan, dan Nilai Perusahaan." *Jurnal Akuntansi dan Keuangan Indonesia* 12 (2): 188-209.
- Arifah S.H., M. Astiningrum, and Y.E. Susilowati. 2019. "Efektivitas Macam Pupuk Kandang Dan Jarak Tanam Pada Hasil Tanaman Okra (*Abelmoschus esculentus*, L. Moench)." *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika Dan Subtropika* 4 (1): 38-42.
- Astuti, A. D. 2019. "Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu." *Jurnal Litbang* 15 (1): 51-64.
- Chaerul M, and V. Allia. 2020. "Tinjauan Kritis Studi Life Cycle Assessment (LCA) di Indonesia." *Serambi Engineering* 1 (1): 816-823.
- Darmawan M. I., A.G. Ilmannafian, and M. Kiptiah. 2021. "Kajian Life Cycle Assessment (LCA): Analisis Cradle To Gate Pertanian Jagung Pakan Di Kelompok Tani Desa Bajuin, Kabupaten Tanah Laut." *EnviroScientiae* 17 (3): 178-185.

- Darmawan, M. I., Ilmannafian, A. G., & Kiptiah, M. (2022, October). Greenhouse Gas Analysis in Field Maize Agriculture Using Life Cycle Assessment. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1097, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Dewanto F.G., J.J.M.R Londok, R.A.V. Tuturoong, and W.B. Kaunang. 2013. "Pengaruh pemupukan Anorganik dan Organik Terhadap Produksi Tanaman Jagung Sebagai Sumber Pakan." *Zootec* 32 (5).
- Direktorat Pakan. 2023. "Pemanfaatan jagung Lokal oleh Industri akan Tahun 2022", *Direktorat Jendral Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian, Volume 4 Tahun 2023*. Accessed Oktober 21, 2024. https://ditjenpkh.pertanian.go.id/storage/photos/shares/konten/publikasi/files/Buku%20Jagung%202022%20ISSN%20Final_compressed.pdf
- Firdausy M. A., M.A. Urrahman, and M. Firmansyah. 2022. "Life Cycle Assessment (LCA) Produksi Batu Bara Di Pt. XYZ Di Kalimantan Selatan Dengan Pendekatan Cradle-To-Gate Menggunakan Software Openlca." *Jurnal Teknik Lingkungan* 8 (2): 50-59.
- Hakim H.M.A., W. Supartono, and A. Suryandono. 2014. "Life Cycle Assessment Pada Pembibitan Kelapa Sawit Untuk Menghitung Emisis Gas Rumah Kaca." *Ziraa 'ah* 39 (2): 72-80.
- Hartmann T.E., I. Guzman-Bustamante, R. Ruser, and T. Müller. 2020. "Turnover of urea in a soil from the North China Plain as affected by the urease inhibitor NBPT and wheat straw." *Agronomy* 10 (6): 857. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/857>.
- Liem, J. L., Arianita, B. A., Sugiarti, S., & Handoko, Y. A. (2019). Optimalisasi bakteri *Rhizobium japonicum* sebagai penambat nitrogen dalam upaya peningkatan produksi jagung. *Jurnal Galung Tropika*, 8(1), 64-73.
- IPCC. 2006. " IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy. Intergovernmental Panel Climate Change."
- IPCC. 2006. " IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel Climate Change."
- IPCC. 2014. "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151."
- Purba J.H., P.S. Wahyuni, and I. Febryan. 2019. "Kajian Pemberian Pupuk Kandang Ayam Pedaging dan Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Petsai (*Brassica chinensis* L.)." *Agro Bali (Agricultural Journal)* 2 (2): 77-88.
- Satu Data Banua. 2024. *Jumlah Produksi Jagung Kalimantan Selatan*. Accessed Oktober 21, 2024. <https://data.kalselprov.go.id/dataset/data/1159>.