EnviroScienteae Vol. 17 No. 3, November 2021 ISSN 2302-3708 (online)
Halaman : 178-185

KAJIAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA): ANALISIS *CRADLE TO GATE* PERTANIAN JAGUNG PAKAN DI KELOMPOK TANI DESA BAJUIN, KABUPATEN TANAH LAUT

STUDY OF LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA): CRADLE TO GATE ANALYSIS PERTANIAN JAGUNG PAKAN IN FIELD CORN AGRICULTURE IN THE FARMING GROUP OF BAJUIN, TANAH LAUT

Muhammad Indra Darmawan[1)], Adzani Ghani Ilmannafian [2)] , Mariatul Kiptiah [3)]

[1)] *JL. A.Yani Km. 5 Desa Panggung, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan/ Politeknik Negeri Tanah Laut email: mindradarmawan@politala.ac.id*
[2)] *JL. A.Yani Km. 5 Desa Panggung, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan/ Politeknik Negeri Tanah Laut email: adzani@politala.ac.id*
[3)] *JL. A.Yani Km. 5 Desa Panggung, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan/ Politeknik Negeri Tanah Laut email: mariatul@politala.ac.id*

Abstract

The development of field corn farming in Indonesia continues to increase. Along with this, the potential risk, especially in environmental aspects, will be even greater. In this research, a study will be carried out using a Life Cycle Assessment (LCA) to obtain data on Greenhouse Gas (GHG) emissions and energy consumption in field corn farming at the farmer group level. The scope of research is limited to the analysis from land preparation to yielding harvested maize. The purpose of this study was to identify and measure the largest GHG and energy consumption in each process flow of field corn farming in order to design efficient mitigation efforts. The research method used in this research is field research in Bajuin. Data analysis refers to the SNI ISO 14040: 2016 Framework, which consists of 4 stages, namely (a) goal and scope definition, (b) life cycle inventory analysis, (c) life cycle impact assessment, and (d) life cycle interpretation. Life cycle inventory uses energy coefficients, emission factors, and the Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) guidelines. The results showed that the Total Global Warming Potential (GWP 100) in the production of 1 ton of shelled corn was 52605,277 Kg CO2 eq. The largest GHG emitted was in urea fertilization, with emissions of 81.35% of the total emissions. The amount of energy used in producing 1 ton of shelled corn is 5155 MJ, where the most significant energy recorded was the urea fertilization stage of 3592,600 MJ. A recommended efforts to reduce GHG emissions are the use of organic fertilizer substitutes for urea.

Keywords: greenhouse gas analysis, energy consumption analysis, feed maize

PENDAHULUAN

Perkembangan jagung pakan di Indonesia terus bertumbuh setiap tahunnya. pertumbuhan jumlah produksi tahun 2020 sebanyak 5% dari tahun sebelumnya. Jumlah produksi tahun 2020 diprediksi tumbuh sebanyak 5% dari 20,5 juta ton pada tahun 2019 menjadi 21,53 juta ton pada tahun 2020 (DJPKH, 2020). Kalimantan Selatan khususnya di Kabupaten Tanah Laut perkembangan produksi jagung pakan juga terus meningkat. Seiring dengan hal tersebut dua pabrik multinasional berbasis pakan ternak yaitu PT. Japfa Comfeed dan PT. CJ Cheiljedang Feed telah beroperasi. Produksi jagung di Tanah Laut mencapai 275 ribu ton per tahun, melampaui setengah dari total produksi jagung di Kalsel. Merujuk data pada Dinas Tanaman Pangan dan

Hortikultura (TPH) Kalsel, luas panen jagung pada 2018 sebesar 82.481,5 ha dengan produksi sebesar 402.860 ton (Redaksi Tribunnews, 2020).

Perkembangan ini jika dilihat dari sudut pandang ekonomi akan sangat menguntungkan bagi masyarakat. Terlepas dari hal tersebut perlu dilakukan analisis berkaitan dengan resiko lingkungan yang mungkin muncul dari aktivitas produksi baik dari hulu yaitu usaha tani jagung, hingga hilir sampai ke pakan yang akan dikonsumsi ternak. Isu lingkungan berkaitan dengan perkembangan monokultur jagung antara lain persiapan lahan yang rawan dilakukan dengan pembakaran hutan dan penggunaan pupuk serta pestisida yang akan memiliki dampak lingkungan lain. Kerusakan lingkungan ini akan berkaitan erat dengan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan penggunaan energi selama daur hidup produk. Jika dikaitkan dengan isu tingkat global, Uni Eropa menetapkan tahun 2017 sumberdaya energi terbarukan harus bisa mengurangi GRK sebesar 35% (The European Parliament and Of The Council, 2009) dan Amerika Serikat menetapkan sebesar 20% (EPA, 2011).

Ada beberapa metode yang digunakan dalam menganalisis dampak lingkungan antara lain menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA). Salah satu kesimpulan dari penelitian yang dilakukan oleh Skowroñska & Filipek (2014), menyatakan bahwa kajian daur hidup (LCA) adalah merupakan pendekatan untuk identifikasi, kuantifikasi, dan evaluasi terhadap dampak potensial total dari proses pengadaan material dasar ke produksi dan penggunaan hingga pembuangan akhir (*grave*). Pengelolaan dampak lingkungan yang efektif dapat dilakukan dengan mengetahui sumber dampak (*environmental hotspot*) dan daur hidup dari sebuah proses.

Studi literatur menjelang pengusulan proposal ini belum menemukan kajian LCA yang spesifik tentang pertanian jagung pakan. Penelitian LCA yang dipublikasikan hanya penelitian Romeiko (2019), yang meneliti spesifik penggunaan pupuk pada jagung dan kedelai. Setiap penelitian LCA memiliki perbedaan data, analisis, dan interpretasi hasil. Hal itu terjadi karena terdapat perbedaan geografi, iklim, pola kerja, dan infrastruktur (Chiaramonti & Recchia, 2010).

Penelitian ini merupakan upaya melihat keunggulan dan dampak terhadap lingkungan pertanian jagung pakan secara dalam lingkup *cradle to gate* skala kelompok petani. Dengan demikian, permasalahan penggunaan sumber daya, energi, dan dampaknya terhadap lingkungan pada usaha pertanian jagung pakan dapat dikaji secara mendalam dan berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengukur GRK dan konsumsi energi terbesar dalam setiap alur proses pertanian jagung pakan untuk membuat upaya mitigasi yang efisien.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian lapangan yang mengadaptasi rancangan penelitian Hakim et al., (2014) dan Adiansyah et al., (2019). Penelitian dilakukan dari bulan Maret sampai dengan September 2021. Objek penelitian adalah Kelompok Tani Desa Bajuin milik Bapak Syahruji. Analisis yang digunakan adalah metode LCA yang dilakukan dengan cara identifikasi kuantitatif semua aliran input-output dari sistem terhadap lingkungan dalam setiap tahap *life cycle*. Metode LCA ini dilakukan berdasarkan pedoman pelaksanaan LCA menurut *Framework* SNI ISO 14040:2016 yang terdiri dari 4 tahapan. Dalam kerangka ini dijelaskan bahwa LCA terdiri dari empat tahap utama yaitu (a) definisi tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope definition*), (b) analisis inventori input dan output (*life cycle inventory analysis*), (c) perkiraan dampak lingkungan dari semua input dan output (*life cycle impact*

assessment), dan (d) interpretasi hasil (*life cycle interptretation*). Dari hasil analisis tersebut kemudian dapat ditarik suatu kesimpulan.

Kebutuhan data yang diperlukan sesuai dengan ruang lingkup *cradle to gate* pada skala kelompok tani. Tahapan dimulai dari persiapan lahan, pemupukan dasar, penanaman, pemupukan 1, penyemprotan, pemupukan 2, pemanenan, dan pemipilan jagung. Jenis data yang diperlukan meliputi jumlah jam kerja, alat/mesin yang digunakan, konsumsi bahan bakar yang digunakan, volume bahan yang digunakan, dan hasil produksi yang didapatkan. Jenis data ini bersumber dari pengukuran dan atau wawancara secara langsung.

Definisi Tujuan Dan Ruang Lingkup (*Goal and Scope Definition*)

Ruang lingkup penelitian adalah *cradle to gate* skala kelompok tani, artinya akan di analisis dalam sistem produk mulai proses persiapan tanam sampai produk akhir jagung pipil. GRK adalah emisi yang dilepaskan pada produksi satu ton jagung pipil pada setiap tahap. Unit fungsi yang digunakan untuk emisi GRK adalah kg CO_2 eq/ton jagung pipil. Konsumsi energi didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan untuk produksi satu ton jagung pipil pada setiap tahap. Unit fungsi yang digunakan untuk energi MJ/ton jagung pipil. Pengukuran GRK dan energi dilakukan menggunakan koefisien energi dan faktor emisi pada pustaka. Selain itu perhitungan berdasarkan pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).*

Analisis Inventori Input Dan Output (*Life Cycle Inventory Analysis*)

Input dalam sistem produk tersebut terdiri dari bibit jagung, pupuk, pestisida, herbisida, dan bahan bakar fosil. Pada system produk tersebut akan memaerlukan energi dan menghasilkan GRK. Perhitungan total emisi GRK adalah sebagai berikut:

$EM_{Total} = EM_{BB} + EM_{KD} + EM_{NPK} + EM_{UR} + EM_{PES} + EM_{HER}$

Keterangan:

EM_{Total} = Emisi total yang dilepaskan (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

EM_{BB} = Emisi yang dilepaskan Bahan Bakar (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

EM_{KD} = Emisi yang dilepaskan Pupuk Kandang (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

EM_{NPK} = Emisi yang dilepaskan Pupuk NPK (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

EM_{UR} = Emisi yang dilepaskan Pupuk Urea (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

EM_{PES} = Emisi yang dilepaskan Pestisida (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

EM_{HER} = Emisi yang dilepaskan Herbisida (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

Tabel 1. Faktor Emisi per Satuan Unit Sumber Emisi

Sumber Emisi	Unit	Kg CO_2 eq/unit	Referensi
Herbisida	Kg	4,702	(Hakim et al., 2014)
Pestisida	Kg	11,025	Pehnelt & Vietze, (2013)

Perhitungan emisi pada setiap tahapanmenggunakan faktor emisi pada tabel 1 dan perhitungannya sebagai berikut.

$EM_{sd} = \sum_a (U_a \cdot EF_a)$

Keterangan:

EM_{sd} = Emisi yang dilepaskan sumber emisi Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

Ua = Jumlah sumber emisi (Kg)

EFa = Faktor emisi(Kg CO_2 eq/ Kg sumber emisi)

A = Jenis sumber emisi

Perhitungan emisi N_2O bersumber pada kandungan N pada penggunaan pupuk

NPK (15%), pupuk Urea (46%), dan pupuk kendang. Untuk pupuk kendang yang digunakan adalah pupuk kendang ayam petelur dengan jumlah N sesuai dengan penelitian Arifah et al., (2019) yaitu 1,5%. Berikut perhitungan emisi N_2O sesui pedoman IPCC 2006 sebagai berikut:

Emisi N_2O=[N_2O_{Direct} – N + $N_2O_{(ATD)}$−N + $N_2O_{(L)}$ −N] 44/28

=[(F_{SN}.EF_1) + (F_{SN}. $Frac_{GASF}$.EF_4) + (F_{SN}.$Frac_{LEACH}$ − (H) .EF_5)] 44/28

Keterangan:

N_2O_{Direct}–N= Emisi N2O−N yang dihasilkan dari pengelolaan tanah (Kg N2O−N pertahun)

$N_2O_{(ATD)}$−N=Emisi N2O−N yang dihasilkan dari penguapan N ke atmosfer pada pengelolaan tanah (Kg N_2O−N pertahun)

$N_2O_{(L)}$ −N = Emisi N_2O−N yang dihasilkan dari penghancuran dan limpasan pemakaian N untuk pengelolaan tanah (Kg N_2O−N pertahun)

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

EF_1 = Faktor emisi untuk N_2O dari penggunaan N (Kg N_2O N/Kg N)

$Frac_{GASF}$ = Fraksi N pupuk buatan yang menguap sebagai NH_3 dan NO_x, Kg N penguapan/(Kg N digunakan)

EF_4 = Faktor emisi untuk N2O dari N endapan atmosfer pada tanah dan permukaan air [Kg N–N_2O/($KgNH_3$–N + NO_x–N penguapan)]

$Frac_{LEACH}$−(H)=fraksi dari semua penggunaan N digunakan pada pengelolaan tanah yang hilang pada penghancuran dan limpasan, Kg N/(Kg N digunakan)

EF_5 = Faktor emisi untuk N_2O dari penghancuran N dan limpasan, Kg N_2O -N/ (Kg N penghancuran dan limpasan)

No	Faktor	Nilai Standar
1.	EF_1 (Kg N_2O N/Kg N)	0,01
2.	EF_4[Kg N–N_2O/($KgNH_3$–N + NO_x–N penguapan)]	0,01
3.	EF_5 Kg N_2O -N/ (Kg N penghancuran dan limpasan)	0,0075
4.	$Frac_{GASF}$ Kg N penguapan/(Kg N digunakan)	0,1
5.	$Frac_{LEACH}$−(H) Kg N/(Kg N digunakan)	0,30

Sumber: IPCC (2006)

Emisi CO_2 dari pupuk urea dilakukan perhitungan sesuai dengan IPCC (2006) berikut. Faktor emisi untuk pupuk urea adalah 0,2 sesuai dengan pedoman IPCC (2006).

EM_{UR} = (M_{UR} . EF_{UR}) . 44/12

EM_{UR} = Emisi yang dilepaskan Pupuk Urea (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

M_{UR} = Massa urea yang digunakan (Kg)

EF_{UR} = Faktor emisi urea

Sedangkan untuk perhitungan emisi penggunaan bahan bakar fosil yaitu solar pada tractor dan mesin pempil mengacu pada pedoman IPCC pada mesin pertanian berikut. Nilai factor emisi mengambil nilai standar yang telah ditetapkan.

EM_{BB}=$\sum_j$ ($Fuel_j$. EF_j)

Keterangan:

EM_{BB} = Emisi yang dilepaskan Bahan Bakar (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)

$Fuel_j$ = Jumlah konsumsi energi bahan bakar (TJ)

EF_j = Faktor emisi (Kg/TJ)
J = jenis bahan bakar

Tabel 3 Faktor Emisi Mesin Pertanian

Bahan Bakar	CO_2	CH_4	N_2O
Mesin pertanian (solar)	74100	4,15	28,6

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

Tabel 4. Koefisien Energi per Satuan Unit Sumberdaya

Sumber Daya	Unit	Energi Ekivalen (MJ) / unit	Referensi
Tenaga manusia	Jam	2,2	Michos et al., (2012)
Benih Jagung	Kg	14,6	Kosemani & Bamgboye, (2021)
Diesel (solar)	Liter	56,3	Vural & Efecan (2012)
Herbisida	Kg	215	Kamahara et al., (2010)s
Pestisida	Kg	268	Pehnelt & Vietze (2013)
Nitrogen (N)	Kg	78,1	Kosemani & Bamgboye (2021)
Phosporus (P)	Kg	17,4	Kosemani & Bamgboye (2021)
Pottasium (K)	Kg	13,7	Kosemani & Bamgboye (2021)
Pupuk Kandang	Ton	303	Vural &Efecan (2012)

Analisis dampak lingkungan dari semua input dan output (*life cycle impact assessment*)

Dampak lingkungan yang dikaji adalah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyebabkan potensi pemanasan global / Global Warming Potential (GWP). Seluruh emisi pada tahapan analisis inventori dikonversikan menjadi setara CO_2 ekuivalen (CO_2 eq).

Tabel 5. Potensi Pemanasan Global Emisi GRK

No	GRK	Potensi pemanasan Global (100 Tahun)
1.	CO_2	1
2.	CH_4	28
3.	N_2O	265

Sumber: IPCC, 2014

Interpretasi Hasil (*Life Cycle Interptretation*)

Tahapan Interpretasi adalah melakukan evaluasi tahapan inventarisasi dan analisis dampak lingkungan yang kemudian disimpulkan. Hasil dari kesimpulan digunakan sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi terhadap pelaku ataupun pemangku kepentingan dalam pengelolaan pertanian jagung pakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertanian jagung pakan di Kabupaten Tanah Laut dilakukan oleh perorangan dan kelompok petani. Sesuai dengan objek penelitian, dalam satu tahun petani dua kali proses tanam dan panen. Rata-rata petani mengolah sendiri hasil panen dengan cara dipipil dan Sebagian juga memiliki alat pengering sendiri sebelum di jual ke pengepul ataupun langsung ke pabrik pengolah pakan. Pada tabel 6 disajikan hasil perhitungan emisi GRK pertanian jagung pakan dalam ruang lingkup dari persiapan lahan hingga pemipilan jagung dalam unit fungsi ton jagung pipil.

Tabel 6. Emisi GRK Pertanian Jagung Pakan

Sumber Emisi	Jumlah Penggunaan		Emisi (Kg CO2 eq/ Ton jagung pipil)
Bahan bakar solar	818	Liter	44,853
Pupuk NPK	11200	Kg	9269,7
Pupuk Kandang	1190	Kg	98,491
Pupuk Urea	16800	Kg	42787,287
Herbisida	0,400	Kg	157,987
Pestisida	22,4	Kg	246,96
Total Emisi (Kg CO_2 eq/ ton jagung pipil)			52605,277

Hasil tersebut menunjukkan bahwa dalam satu tahun total emisi GRK sebesar 52605,277 Kg CO2 eq/ ton jagung pipil. Penghasil emisi terbesar adalah pada penggunaan pupuk urea dengan emisi 42787,287 Kg CO2 eq/ ton jagung pipil atau mencapai 81,35% dari total keseluruhan emisi usaha pertanian jagung pakan. Dari total emisi GRK pada urea, Sebagian besar adalah dalam bentuk N_2O. N_2O merupakan gas yang diproduksi secara alami dalam tanah melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi (Ariani et al., 2015). Sesuai dengan tabel 5, potensi GRK dari sumber N_2O lebih besar 265 kali dibandingkan dengan CO_2 ditambah dengan kebutuhan pupuk yang besar juga menyebabkan tingginya potensi GRK pada sumber emisi ini. Selain urea, urutan kedua adalah penggunaan pupuk NPK yang mana juga menghasilkan N_2O. penggunaan pupuk memang menjadi kebutuhan utama untuk nutrisi tanaman jagung pakan, ditambah kondisi tanah yang memerlukan tambahan pupuk urea maupun NPK. Urea yang diaplikasikan ke tanah, menambah nutrisi tanah untuk diserap tanaman, meningkatkan luas area daun, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan penyerapan miktonutrien.

Nitrogen dalam jaringan tumbuhan merupakan komponen penyusun senyawa esensial bagi tumbuhan, misalnya asam amino. Setiap molekul protein tersusun dari asam amino dan setiap enzim adalah protein, maka nitrogen merupakan unsur penyusun protein dan enzim. Selain itu nitrogen terkandung dalam klorofil, hormon sitokinin dan auksin (Lakitan, 2015). Protein merupakan bagian penyusun dalam sel tumbuhan selanjutnya mengalami pembelahan pada bagian meristematis. Setelah melakukan pembelahan, sel mengalami diferensiasi jaringan tumbuhan yang mengakibatkan tinggi tanaman bertambah. Menurut penelitian Arifah et al. (2019), bahwa semakin tinggi dosis N maka semakin tinggi tingkat pembelahan sel dan pembentukan jaringan sehingga terjadi peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman. Khusus untuk tanaman jagung, pemberian urea dan NPK setiap tanam dilakukan sebanyak dua kali. Hal ini dilakukan untuk memacu pertumbuhan baik secara vegetatif maupun secara generatif.

Kebutuhan sumber daya dan energi pada pertanian jagung pakan dalam satu tahun dengan unit fungsi per ton jagung pipil di sajikan pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Kebutuhan Sumber Daya dan Energi Pertanian Jagung Pakan

No	Sumber daya	Jumlah Sumber Daya	Satuan Unit	Energi Ekivalen (MJ) / unit
1	Tenaga Kerja	50,119	Jam	110,262
2	Bahan bakar solar	4,869	Lt	274,176
3	Pupuk kandang	0,007	Ton	2,147
4	Bibit	2,333	Kg	5,133
5	Urea (N46)	16800	Kg	3592,600
6	NPK (15:15:15)	11200	Kg	1092,000
7	Pestisida	0,133	Kg	35,787
8	Herbisida	0,200	Kg	43,000
Jumlah Energi yang digunakan dalam memproduksi 1 Ton Jagung pipil				5155,105

Hasil perhitungan yang disajikan pada tabel 7 menunjukkan bahwa energi terbesar yang digunakan dalam memproduksi 1 Ton Jagung pipil adalah pada proses pemupukan urea. Hal ini disebabkan secara jumlah sumberdaya urea yang digunakan juga merupakan yang terbesar dibandingkan sumber daya yang lain.

Penggunaan pupuk urea memang diperuntukkan untuk menghasilkan jagung pakan yang produktif, namun ternyata berbanding lurus dengan potensi GRK dan jumlah energi yang digunakan. Alternatif mitigasi resiko GRK adalah mencari sumber pupuk yang mengandung N yang lebih ramah lingkungan. Salah satu alternatif adalah penggunaan pupuk organik, namun harus dilakukan penelitian lanjutan terkait efektifitas dan dampak penggunaannya terhadap potensi GRK yang akan ditimbulkan. Salah satu alternatif adalah menggunakan Trichokompos Jerami yang dilakukan pada tanaman kakao seperti yang dilakukan dalam penelitian Samsudin et al. (2017). Trichokompos jerami padi adalah kompos yang dalam proses pengomposannya ditambahkan dengan mikroorganisme (Cendawan Antagonis Trichoderma).

KESIMPULAN

Total Global Warming Potential (GWP 100) pada produksi 1 ton jagung pipil adalah sebesar 52605,277 Kg CO2 eq. Tahapan terbesar melepaskan emisi GRK adalah pada pemupukan urea sebanyak 81,35% dari total keseluruhan emisi usaha pertanian jagung pakan. Jumlah Energi yang digunakan dalam memproduksi 1 Ton Jagung pipil adalah 5155,105 MJ, dimana tahapan terbesar adalah pada tahap pemupukan urea sebesar 3592,600 MJ . Upaya pengurangan emisi GRK yang menjadi rekomendasi adalah penggunaan pupuk pengganti urea dari bahan dasar pupuk organic.

DAFTAR PUSTAKA

Adiansyah, J. S., Ningrum, N. P., Pratiwi, D., & Hadiyanto, H. (2019). Kajian Daur Hidup (Life Cycle Assessment) dalam Produksi Pupuk Urea: Studi Kasus PT Pupuk Kujang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *17*(3), 522. https://doi.org/10.14710/jil.17.3.522-527

Ariani, M., Ardiansyah, M., &Setyanto, P. (2015) Inventarisasi Emisi GRK Lahan Pertanian di Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur dengan Menggunakan Metode IPCC 2006 dan Modifikasinya. *Jurnal Sumberdaya Lahan,* 9(1), 15-26.

Arifah, S. H., Astiningrum, M., & Susilowati, Y. E. (2019). Efektivitas Macam Pupuk Kandang Dan Jarak Tanam Pada Hasil Tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika Dan Subtropika 4*, *4*(1), 38–42.

Chiaramonti, D., & Recchia, L. (2010). Is life cycle assessment (LCA) a suitable method for quantitative CO2 saving estimations? the impact of field input on the LCA results for a pure vegetable oil chain. *Biomass and Bioenergy*, *34*(5), 787–797. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.01.022

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (2020) Pasokan Jagung untuk Pakan Awal Tahun 2020 Aman. https://ditjenpkh.pertanian.go.id. Diakses pada 24 Oktober 2020.

EPA (2011) Regulatory Announcement: EPA Issues Notice of Data Availability Concerning Renewable Fuels Produced from Palm Oil Under the RFS Program. Environmental Protection Agency (EPA), United States.

Hakim, H.M.A., Supartono, W., Suryandono, A., (2014) Life Cycle Assessment pada Pembibitan Kelapa Sawit untuk Menghitung Emisi Gas Rumah Kaca. Ziraa'ah, 39(2), 72-80.

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.

Kamahara, H., Hasanudin, U., Widiyanto, A., Tachibana, R., Atsuta, Y., Goto, N., Daimon, H., & Fujie, K. (2010). Improvement potential for net energy balance of biodiesel derived from palm oil: A case study from Indonesian practice. *Biomass and Bioenergy*, *34*(12), 1818–1824. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.07.014

Kosemani, B. S., & Bamgboye, A. I. (2021). Modelling energy use pattern for maize (Zea mays L.) production in Nigeria. *Cleaner Engineering and Technology*, *2*(January), 100051. https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100051

Lakitan, B. (2015) Dasar – dasar Fisiologi Tumbuhan. Rajawali Press. Jakarta. 67 .

Michos, M. C., Mamolos, A. P., Menexes, G. C., Tsatsarelis, C. A., Tsirakoglou, V. M., & Kalburtji, K. L. (2012). Energy inputs, outputs and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional peach orchards. *Ecological Indicators*, *13*(1), 22–28. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.002

Pehnelt, G., & Vietze, C. (2013). Recalculating GHG emissions saving of palm oil biodiesel. *Environment, Development and Sustainability*, *15*(2), 429–479. https://doi.org/10.1007/s10668-012-9387-z

Redaksi Tribunnews (2020) KalselPedia - Sentra Jagung di Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan". https://banjarmasin.tribunnews.com. Diakses pada 25 Oktober 2020.

Romeiko, X. X. (2019). A comparative life cycle assessment of crop systems irrigated with the groundwater and reclaimedwater in Northern China. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(10), 1–17. https://doi.org/10.3390/su11102743

Samsudin, Nelvia, & Ariani, E. (2017) Aplikasi Trichokompos dan Pupuk NPK pada Bibit Kakao (Theobroma cacao L.) di Medium Gambut. *JOM FAPERTA*, 4(2), 1-11.

Skowroñska, M., & Filipek, T. (2014). Life cycle assessment of fertilizers: A review. *International Agrophysics*, *28*(1), 101–110. https://doi.org/10.2478/intag-2013-0032

The European Parliament and Of The Council (2009) Directive 2009/28/Ec Of The European Parliament And Of The Council: on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union.

Vural, H. & Efecan, I. (2012) An Analysis of Energy Use and Input Costs for Maize Production in Turkey. *Journal of Food , Agriculture & Environtment,* 10 (2), 613-616.