

LIFE CYCLE ASSESSMENT PRODUKSI CABAI RAWIT (Capsicum frutescens L.) DI GREENHOUSE TROPIS

MUHAMMAD RAFLY IKHSAN



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*Life Cycle Assessment* Produksi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di *Greenhouse Tropis*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2024

Muhammad Rafly Ikhsan
F1401201113



ABSTRAK

MUHAMMAD RAFLY IKHSAN. *Life Cycle Assessment* Produksi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di *Greenhouse* Tropis. Dibimbing oleh SUPRIYANTO dan LILIS SUCAHYO.

Cabai rawit merupakan komoditas hortikultura yang penting di Indonesia. Permintaan cabai rawit yang terus meningkat menyebabkan peningkatan kebutuhan produksi cabai rawit, termasuk melalui budidaya di *greenhouse*. Namun, produksi cabai rawit di *greenhouse* juga membutuhkan material dan energi serta menghasilkan limbah yang dapat menyebabkan dampak lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan dari produksi cabai rawit di *greenhouse*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis inventori dan mengevaluasi potensi dampak lingkungan produksi cabai rawit di *greenhouse*. Analisis dilakukan pada proses pembibitan selama 30 hari dengan jumlah produksi 2.618 bibit cabai rawit dan proses budidaya selama 210 hari dengan jumlah produksi 1.354,55 kg cabai rawit. Metode yang digunakan untuk analisis LCA adalah ReCiPe 2016 *Midpoint* (H) dengan mengikuti standar SNI ISO 14040:2016 dan SNI ISO 14044:2017. Potensi dampak lingkungan pada proses budidaya per kg cabai rawit dihasilkan nilai GWP 1,12 kg CO₂ eq; SOD $9,28 \times 10^{-6}$ kg CFC11 eq; TAC $0,35 \times 10^{-2}$ kg SO₂ eq; FEU $0,37 \times 10^{-3}$ kg P eq; TEC 5,04 kg 1,4-DCB; dan HCT 0,13 kg 1,4-DCB. Komponen inventori dengan kontribusi terbesar pada proses budidaya cabai rawit di *greenhouse* yaitu nitrat dan limbah air perebusan *cocopeat*. Analisis sensitivitas dengan skenario substitusi pupuk organik dan pengolahan limbah air perebusan *cocopeat* menunjukkan dampak lingkungan yang lebih baik. Selain itu, analisis *cumulative energy demand* menunjukkan nilai total CED pada unit proses pembibitan sebesar 160,45 MJ/periode, sedangkan pada unit proses budidaya sebesar 17.242,06 MJ/periode.

Kata kunci: cabai rawit, *greenhouse*, *life cycle assessment* (LCA)



ABSTRACT

MUHAMMAD RAFLY IKHSAN. Life Cycle Assessment of Cayenne Pepper (*Capsicum frutescens* L.) in a Tropical Greenhouse. Supervised by SUPRIYANTO and LILIS SUCAHYO.

Cayenne pepper is the most important horticultural commodity in Indonesia. The increasing demand for cayenne pepper demand for cayenne pepper continues to increase, leading to an increase in the need for cayenne pepper production, including through *greenhouse* cultivation. However, cayenne pepper production in *greenhouses* also requires materials and energy and produces waste that can cause environmental impacts. Therefore, it is necessary to analyze the environmental impact of cayenne pepper production in *greenhouses*. This study aims to analyze the inventory and evaluate the potential environmental impacts of cayenne pepper production in the *greenhouse*. The analysis was carried out on the nursery process for 30 days with a total production of 2.618 cayenne pepper seeds and the cultivation process for 210 days with a total production of 1.354.55 kg of cayenne pepper. The method used for LCA analysis is ReCiPe 2016 midpoint (H) by following the standards of SNI ISO 14040: 2016 and SNI ISO 14044: 2017. The potential environmental impact on the cultivation process per kg of cayenne pepper resulted in GWP values of 1.12 kg CO₂ eq; SOD 9.28×10⁻⁶ kg CFC11 eq; TAC 0.35×10⁻² kg SO₂ eq; FEU 0.37×10⁻³ kg P eq; TEC 5.04 kg 1,4-DCB; and HCT 0.13 kg 1,4-DCB. The inventory components with the largest contribution to the process of cayenne pepper cultivation in the greenhouse are nitrate and *cocopeat* boiling water waste. Sensitivity analysis with the scenario of organic fertiliser substitution and *cocopeat* boiling water waste treatment showed a better environmental impact. In addition, cumulative energy demand analysis shows the total CED value in the nursery process unit is 160.45 MJ/period, while in the cultivation process unit is 17,242.06 MJ/period.

Keywords: cayenne chili, *greenhouse*, life cycle assessment (LCA)



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

LIFE CYCLE ASSESSMENT PRODUKSI CABAI RAWIT (Capsicum frutescens L.) DI GREENHOUSE TROPIS

MUHAMMAD RAFLY IKHSAN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof.Dr.Ir. Bambang Pramudya N., M.Eng

Judul Skripsi : *Life Cycle Assessment* Produksi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di *Greenhouse* Tropis

Nama : Muhammad Rafly Ikhsan

NIM : F1401201113

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Supriyanto, S.TP, M.Kom

NIP 198612072012121001



Pembimbing 2:

Lilis Sucahyo, S.TP, M.Si

NIP 198708112015041003



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem:

Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr

NIP. 196304251989031001

Tanggal Ujian:

(Senin, 25 November 2024)

Tanggal Lulus:

()

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Maret sampai bulan Agustus 2024 dengan judul “*Life Cycle Assessment* Produksi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di *Greenhouse Tropis*”.

Penulisan skripsi ini tak luput dari dukungan, bimbingan, serta motivasi dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dosen pembimbing yaitu Bapak Dr. Ir. Supriyanto, S.TP, M.Kom serta Bapak Lilis Sucahyo, S.TP., M.Si yang telah memberikan dukungan penuh serta ilmu dan pelajaran yang berharga,
2. Direktur Direktorat Pengembangan Masyarakat Agromaritim (DPMA) IPB (Dr. Handian Purwawangsa, S.Hut., M.Si.), Asisten Direktur Kewirausahaan Sosial (Dr.rer.pol. Mohammad Iqbal Irfany, S.E., M.App.Ec.), Supervisor Kewirausahaan Sosial (Muhammad Isbayu, S.P.), Supervisor Layanan Agromaritim (Danang Aria Nugroho, S.E., M.Si.) beserta jajaran yang telah memberikan akses di Agribusiness Technology Park untuk mendukung berjalannya penelitian ini,
3. Pimpinan Pondok Pesantren Al Wafa Ustadz Zulkafi dan Penanggung Jawab *greenhouse* Pesantren Al Wafa Bapak Alif beserta jajaran yang telah memberikan akses di Pesantren Al Wafa untuk mendukung berjalannya penelitian ini,
4. PRé Sustainability yang telah memberikan akses lisensi SimaPro Faculty,
5. Papah Dedi, Mamah Nia, Kakak Bachtiar, Adik Fauzan, dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan,
6. Bang Arkan, Kak Ayu, Safina, Lalyta, Feby, Gilang, Arief, Althaf, dan Yoga yang telah memberikan bantuan serta ilmu dalam pelaksanaan penelitian ini, dan
7. Teman-teman TMB angkatan 57 yang selalu menyemangati dalam proses pengerjaan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2024

Muhammad Rafly Ikhsan

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
DAFTAR SINGKATAN	v
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Cabai Rawit (<i>Capsicum frutescens</i> L.)	3
2.2 <i>Greenhouse</i>	4
2.3 <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	4
2.4 Cumulative Energy Demand (CED)	8
2.5 Perangkat Lunak SimaPro	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Penelitian	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	16
4.2 Analisis Daur Hidup Produksi Cabai Rawit di <i>Greenhouse</i>	16
4.3 Analisis Inventori Data	21
4.4 Penilaian Dampak Daur Hidup Cabai Rawit	30
4.4 Interpretasi Hasil	46
4.5 Analisis Sensitivitas Skenario	46
4.6 Analisis <i>Cumulative Energy Demand</i>	49
V SIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Simpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	55
RIWAYAT HIDUP	91

DAFTAR TABEL

1	Masukan dan keluaran inventori proses pembibitan cabai rawit	13
2	Masukan dan keluaran inventori proses budidaya cabai rawit	13
3	Inventori data keseluruhan produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	23
4	Sumber literatur	27
5	Sumber data masukan	27
6	Sumber data keluaran	29
7	Karakterisasi dampak lingkungan untuk pembibitan per periode (30 hari dengan produksi 2.618 bibit cabai rawit) dan per bibit cabai rawit	31
8	Karakterisasi dampak lingkungan untuk budidaya per periode tanam (210 hari dengan produksi 1.354,55 kg cabai rawit) dan per kg cabai rawit	31
9	Peringkat tertinggi kontributor GWP per periode (210 hari dengan hasil panen 1.354,55 kg cabai rawit) produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	34
10	Peringkat tertinggi kontributor SOD per periode (210 hari dengan hasil panen 1.354,55 kg cabai rawit) produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	36
11	Peringkat tertinggi kontributor TAC per periode (210 hari dengan hasil panen 1.354,55 kg cabai rawit) produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	39
12	Peringkat tertinggi kontributor FEU per periode (210 hari dengan hasil panen 1.354,55 kg cabai rawit) produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	41
13	Peringkat tertinggi kontributor TEC per periode (210 hari dengan hasil panen 1.354,55 kg cabai rawit) produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	43
14	Peringkat tertinggi kontributor HCT per periode (210 hari dengan hasil panen 1.354,55 kg cabai rawit) produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	45
15	Perbedaan inventori data aktual dan skenario penggunaan pupuk organik	46
16	Perubahan <i>dataset</i> skenario substitusi pupuk organik	47
17	Perbandingan dampak aktual dan skenario substitusi pupuk organik pada budidaya cabai rawit di <i>greenhouse</i> (210 hari dengan produksi 1.354,55 kg cabai rawit)	47
18	Data aktual dan skenario pengolahan limbah air perebusan <i>cocopeat</i>	48
19	Perbandingan dampak aktual dan skenario pengolahan limbah air perebusan <i>cocopeat</i>	48

DAFTAR GAMBAR

1	Tanaman cabai rawit	3
2	Tahapan studi LCA	4
3	Smart <i>greenhouse</i> nursery ATP IPB	10
4	<i>Greenhouse</i> budidaya cabai rawit Pesantren Al Wafa	10
5	<i>Flowchart</i> prosedur penelitian	11
6	Batasan sistem <i>gate to gate</i> untuk produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	12
7	Proses pembibitan cabai rawit	17
8	Persiapan bibit dan media tanam cabai rawit	18
9	Proses penanaman cabai rawit	18
10	Proses pemupukan dengan sistem irigasi tetes pada cabai rawit	19
11	Proses pengendalian hama dan penyakit dengan penyemprotan	20
12	Proses pemanenan cabai rawit	20
13	Limbah biomassa cabai rawit	21
14	Diagram alokasi aliran masukan dan keluaran pada daur hidup cabai rawit	22
15	Grafik karakterisasi dampak pada unit proses pembibitan per periode (30 hari)	32
16	Grafik karakterisasi dampak pada unit proses budidaya per periode (210 hari)	32
17	Persentase potensi pemanasan global per komponen produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	33
18	Persentase karakterisasi penipisan ozon stratosfer per komponen produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	36
19	Persentase karakterisasi asidifikasi daratan per komponen produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	38
20	Persentase karakterisasi eutrofikasi air bersih per komponen produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	40
21	Persentase karakterisasi ekotoksitas daratan per komponen produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	42
22	Persentase karakterisasi toksitas karsinogenik manusia per komponen produksi cabai rawit di <i>greenhouse</i>	44



DAFTAR LAMPIRAN

1	Tampilan <i>interface</i> SimaPro	56
2	Perhitungan konsumsi daya pompa irigasi tetes menggunakan <i>power meter</i>	59
3	Spesifikasi dan perhitungan konsumsi daya pompa <i>power sprayer</i>	60
4	Perhitungan konsumsi daya kipas <i>greenhouse</i>	61
5	Perhitungan limbah biomassa	62
6	Rincian inventori total pupuk AB mix cabai rawit	62
7	Perhitungan beban angkut-jarak	63
8	Rincian karakterisasi dampak pembibitan cabai rawit di <i>greenhouse</i>	63
9	Rincian karakterisasi dampak budidaya cabai rawit di <i>greenhouse</i>	63
10	Denah <i>smart greenhouse nursery</i> ATP IPB	64
11	Denah <i>greenhouse</i> Pesantren Al Wafa	65
12	<i>Network</i> GWP pembibitan cabai rawit per periode	66
13	<i>Network</i> GWP budidaya cabai rawit per periode	67
14	<i>Network</i> SOD pembibitan cabai rawit per periode	68
15	<i>Network</i> SOD budidaya cabai rawit per periode	69
16	<i>Network</i> TAC pembibitan cabai rawit per periode	70
17	<i>Network</i> TAC budidaya cabai rawit per periode	71
18	<i>Network</i> FEU pembibitan cabai rawit per periode	72
19	<i>Network</i> FEU budidaya cabai rawit per periode	73
20	<i>Network</i> TEC pembibitan cabai rawit per periode	74
21	<i>Network</i> TEC budidaya cabai rawit per periode	75
22	<i>Network</i> HCT pembibitan cabai rawit per periode	76
23	<i>Network</i> HCT budidaya cabai rawit per periode	77
24	<i>Network</i> GWP skenario substitusi pupuk organik	78
25	<i>Network</i> TEC skenario substitusi pupuk organik	79
26	<i>Network</i> TEC skenario pengolahan limbah air perebusan <i>cocopeat</i>	80
27	<i>Network</i> GWP skenario pengolahan limbah air perebusan <i>cocopeat</i>	81
28	<i>Network</i> HCT skenario pengolahan limbah air perebusan <i>cocopeat</i>	82
29	Contoh perhitungan konsumsi LPG pada perebusan <i>cocopeat</i>	83
30	Rincian total CED per material pada unit proses pembibitan	84
31	Rincian total CED per material pada unit proses budidaya	85
32	<i>Network</i> CED <i>Non renewable (fossil)</i> pada unit proses pembibitan	86
33	<i>Network</i> CED <i>Non renewable (fossil)</i> pada unit proses budidaya	87
34	Dokumentasi penelitian	88