



VARIASI FLUKS GAS CO₂, CH₄, DAN N₂O PADA *INTERFACE* TANAH-UDARA DAN AIR-UDARA DI EKOSISTEM MANGROVE : TINJAUAN PUSTAKA SISTEMATIS

SALMA NUR HABIBAH



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 “Variasi Fluks Gas CO₂, CH₄, dan N₂O pada *Interface* Tanah-Udara dan Air-Udara di Ekosistem Mangrove: Tinjauan Pustaka Sistematis” 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, Mei 2026

Salma Nur Habibah
G2401211083

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.



ABSTRAK

SALMA NUR HABIBAH. Variasi Fluks Gas CO₂, CH₄, dan N₂O pada *Interface* Tanah-Udara dan Air-Udara di Ekosistem Mangrove: Tinjauan Pustaka Sistematis. Dibimbing oleh MUH. TAUFIK.

Hutan mangrove, yang dikenal sebagai ekosistem “karbon biru”, memainkan peran penting dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim melalui kemampuannya menyerap dan menyimpan karbon secara efisien. Namun, perubahan penggunaan lahan dan aktivitas antropogenik berpotensi mengganggu keseimbangan tersebut serta meningkatkan pelepasan gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer. Studi ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis variasi fluks tiga GRK utama, yaitu karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O), pada ekosistem mangrove secara global melalui pendekatan tinjauan pustaka sistematis. Hasil sintesis menunjukkan bahwa fluks GRK pada mangrove global memperlihatkan variasi yang cukup tinggi antar studi, dengan nilai rata-rata sebesar $133,17 \pm 17,93 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ j}^{-1}$; $203,58 \pm 43,87 \text{ } \mu\text{g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ j}^{-1}$, dan $10,48 \pm 2,56 \text{ } \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. Jumlah publikasi yang membahas CO₂ (n = 69) lebih banyak dibandingkan CH₄ (n = 49) dan N₂O (n = 17), menunjukkan adanya ketimpangan fokus penelitian antar gas. Variasi nilai fluks yang teridentifikasi mengindikasikan pengaruh faktor lingkungan dan karakteristik lokasi terhadap dinamika emisi dan serapan GRK di ekosistem mangrove. Oleh karena itu, penelitian di masa mendatang perlu memperluas cakupan dan kedalaman analisis, khususnya terhadap CH₄ dan N₂O, untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran mangrove dalam siklus karbon global.

Kata kunci: emisi, mitigasi, karbon biru, perubahan iklim, sintesis



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.



ABSTRACT

SALMA NUR HABIBAH. Variations in CO₂, CH₄, and N₂O Gas Fluxes at the Soil-Air and Water-Air Interfaces in Mangrove Ecosystems: A Systematic Literature Review. Supervised by MUH. TAUFIK.

Mangrove forests, known as “blue carbon” ecosystems, play an important role in climate change mitigation and adaptation through their ability to efficiently absorb and store carbon. However, land use change and anthropogenic activities have the potential to disrupt this balance and increase greenhouse gas (GHG) emissions into the atmosphere. This study aims to analyze and synthesize the variation in the fluxes of three major GHGs, namely carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), and nitrous oxide (N₂O), in mangrove ecosystems globally through a systematic literature review approach. The synthesis results show that GHG fluxes in global mangroves exhibit considerable variation between studies, with average values of $133.17 \pm 17.93 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; $203.58 \pm 43.87 \text{ } \mu\text{g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; and $10.48 \pm 2.56 \text{ } \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. The number of publications discussing CO₂ (n = 69) was higher than those discussing CH₄ (n = 49) and N₂O (n = 17), indicating an imbalance in research focus between gases. The variation in identified flux values indicates the influence of environmental factors and location characteristics on GHG emission and absorption dynamics in mangrove ecosystems. Therefore, future research needs to expand the scope and depth of analysis, particularly on CH₄ and N₂O, to gain a more comprehensive understanding of the role of mangroves in the global carbon cycle.

Keywords: blue carbon, climate change, emission, mitigation, synthesis



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 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 2026 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.



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.



VARIASI FLUKS GAS CO₂, CH₄, DAN N₂O PADA *INTERFACE* TANAH-UDARA DAN AIR-UDARA DI EKOSISTEM MANGROVE: TINJAUAN PUSTAKA SISTEMATIS

SALMA NUR HABIBAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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:

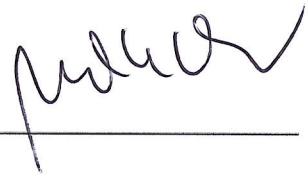
- 1 Dr. I Putu Santikayasa S.Si., M.Sc.
- 2 Dr. Idung Risdiyanto S.Si., M.Sc.

Judul Skripsi : Variasi Fluks Gas CO₂, CH₄, dan N₂O pada *Interface* Tanah-Udara dan Air-Udara di Ekosistem Mangrove: Tinjauan Pustaka Sistematis

Nama : Salma Nur Habibah
NIM : G2401211083

Disetujui oleh

Pembimbing:
Prof. Dr. Muh. Taufik, S.Si., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:
Dr. Ana Turyanti S.Si, M.T.
NIP 19710707199803 2 002



Tanggal Ujian:
02 Februari 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2024 sampai bulan Juni 2025 ini ialah fluks gas rumah kaca mangrove global, dengan judul “Variasi Fluks Gas CO₂, CH₄, dan N₂O pada *Interface* Tanah-Udara dan Air-Udara di Ekosistem Mangrove: Tinjauan Pustaka Sistematis”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Prof. Muh. Taufik selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menjadi mahasiswa bimbingan bapak. Terimakasih atas segala saran, kesempatan pengalaman, dukungan dan kepercayaan kepada saya sehingga karya ilmiah ini dapat selesai dengan baik.
2. Bapak Prof. Daniel Murdiyarto selaku dosen yang memberikan inspirasi dan memperkenalkan tema dan tajuk penelitian ini. Terimakasih banyak atas segala diskusi, kesempatan, serta pengalaman yang telah diberikan.
3. CIFOR-ICRAF terkhususnya Kak Trialaksita Ardhani dan Kak Milkah Royna yang telah banyak memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian karya ilmiah ini dengan baik. Tak lupa Kak Kania serta staff lainnya yang sudah banyak berbagi momen memberikan saya kesempatan belajar hal-hal baru.
4. Keluarga, bapak dan ibu, saudara kandung (Mas Hanif, Fadil, Yasir, Dzaky, dan Akhyar), Om Is dan Om Pong, serta sanak-saudara lainnya, terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, dukungan, dan do'a kepada penulis.
5. Keluarga besar Al Iffah, yang telah menemani beribu malam dan memberikan dukungan moral dan rohani selama tiga tahun terakhir.
6. Teman sepebimbingan baru saya Malik dan juga untuk teman sepembimbingan yang lalu Daffa dan Inez yang telah menemani dan menjadi tempat diskusi tentang perjalanan semester akhir.
7. Teman-teman GFM 58, terimakasih atas dukungan, sapaan, canda dan tawa serta segala cerita yang sudah terukir hingga semester akhir ini.
8. Seluruh sahabat LPQ, Tapai, ISC, sahabat SMA, sahabat pengabdian, serta sahabat lainnya yang turut serta mendukung dan mendo'akan kesuksesan penulis.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari kata sempurna dan merupakan karya pertama penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan masukan di masa yang akan datang. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Salma Nur Habibah



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Ekosistem Mangrove	3
2.2 Gas-gas Utama Penyebab Pemanasan Global	3
2.3 Fluks GRK	4
2.4 Perhitungan Fluks dan Alat Pengukurnya (<i>Chamber/Floating Chamber</i>)	5
III METODE	7
3.1 Alat dan Bahan	7
3.2 Prosedur Kerja	7
3.3 Pengolahan Data	10
IV HASIL DAN PEMBAHSAN	11
4.1 Hasil Sebaran Literatur Terpilih	11
4.2 Fluks CO ₂ , CH ₄ dan N ₂ O Tanah-Udara	14
4.3 Fluks CO ₂ , CH ₄ dan N ₂ O Air-Udara	15
4.4 Fluks GRK global	16
V SIMPULAN DAN SARAN	19
5.1 Simpulan	19
5.2 Saran	19
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	25
RIWAYAT HIDUP	53



DAFTAR TABEL

1	Kata kunci untuk pencarian literatur	8
2	Tahapan dan pertanyaan penyaringan literatur	8
3	Estimasi rata-rata fluks CO ₂ , CH ₄ atau N ₂ O global pada <i>interface</i> tanah-udara dan air-udara (<i>mean ± standard error</i> (SE))	16

DAFTAR GAMBAR

1	Peta sebaran mangrove global	3
2	Proses penyaringan dan jumlah literatur yang dipakai dalam penelitian	11
3	Jumlah literatur terpilih berdasarkan persebaran tahun publikasi	12
4	Sebaran lokasi penelitian	12
5	Sebaran literatur berdasarkan lokasi negara penelitian	13
6	Diagram banyaknya jumlah literatur yang mengkaji nilai fluks CO ₂ , CH ₄ dan N ₂ O (a) tanah-udara dan (b) air-udara	13
7	Rata-rata nilai fluks CO ₂ (mg m ⁻² j ⁻¹), CH ₄ dan N ₂ O (μg m ⁻² j ⁻¹) <i>interface</i> tanah-udara berdasarkan negara	14
8	Rata-rata nilai fluks CO ₂ (mg m ⁻² j ⁻¹), CH ₄ dan N ₂ O (μg m ⁻² j ⁻¹) <i>interface</i> air-udara berdasarkan negara	15
9	Sebaran nilai fluks CO ₂ (mg m ⁻² j ⁻¹), CH ₄ dan N ₂ O (μg m ⁻² j ⁻¹) <i>interface</i> tanah-udara berdasarkan lintang	17
10	Sebaran nilai fluks CO ₂ (mg m ⁻² j ⁻¹), CH ₄ dan N ₂ O (μg m ⁻² j ⁻¹) <i>interface</i> air-udara berdasarkan letak lintang. Pada lintang 23,5° - 40° tidak memiliki data nilai fluks N ₂ O	17

DAFTAR LAMPIRAN

1	Uji ANOVA pada sebaran nilai fluks berdasarkan letak lintang pada setiap <i>interface</i>	26
2	Sebaran jurnal beserta penerbit literatur terpilih	28
3	Daftar artikel yang digunakan dalam penelitian	30

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.