

ANALISIS DAN PEMODELAN EMISI GAS RUMAH KACA PADI SAWAH IRIGASI DENGAN SISTEM *ALTERNATE WETTING-DRYING* (AWD)

SITTI FILZHA FITRYA GINOGA



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis dan Pemodelan Emisi Gas Rumah Kaca Padi Sawah Irigasi dengan Sistem *Alternate Wetting-Drying* (AWD)” 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 tesis ini.

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

Bogor, Juli 2026

Sitti Filzha Fitrya Ginoga
F4501232027

RINGKASAN

SITTI FILZHA FITRYA GINOGA. Analisis dan Pemodelan Emisi Gas Rumah Kaca Padi Sawah Irigasi dengan Sistem *Alternate Wetting-Drying* (AWD). Dibimbing oleh CHUSNUL ARIF dan YUDI CHADIRIN.

Budidaya padi sawah merupakan salah satu sumber utama emisi gas rumah kaca (GRK), terutama metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O). Pengelolaan air melalui sistem *Alternate Wetting and Drying* (AWD) berpotensi meningkatkan produktivitas sekaligus menekan emisi GRK. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh berbagai perlakuan irigasi terhadap produktivitas padi, mengembangkan model pertumbuhan tanaman, mengevaluasi emisi GRK dan *Global Warming Potential* (GWP), serta mengembangkan model *Artificial Neural Network* (ANN) untuk estimasi emisi GRK. Penelitian menggunakan tiga perlakuan irigasi, yaitu *Continuous Flooding* (FL), *Wetting* (WT), dan *Drying* (DR). Model pertumbuhan dikembangkan menggunakan model logistik *Verhulst*, sedangkan model emisi GRK menggunakan ANN dengan lima parameter lingkungan tanah sebagai variabel input. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan DR menghasilkan produktivitas tertinggi sebesar $10,75 \text{ t ha}^{-1}$, sedangkan FL menghasilkan produktivitas terendah sebesar $7,79 \text{ t ha}^{-1}$. Emisi CH_4 dan GWP terendah juga diperoleh pada DR, masing-masing sebesar $82,50 \text{ kg ha}^{-1}$ dan $2.539 \text{ kg CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$, atau menurun 76,2% dan 74,2% dibandingkan FL. Dari sisi penggunaan air, perlakuan WT menghemat air irigasi sebesar 4,40% dan DR sebesar 12,04% dibandingkan FL. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan DR mampu meningkatkan produktivitas padi sekaligus efisiensi penggunaan air tanpa menghambat pertumbuhan tanaman. Model logistik mampu menggambarkan pertumbuhan tanaman dengan baik ($R^2 = 0,894 - 0,996$), sedangkan model ANN menunjukkan akurasi yang tinggi dalam memprediksi emisi CH_4 ($R^2 = 0,92$) dan N_2O ($R^2 = 0,82$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem AWD melalui perlakuan DR efektif meningkatkan produktivitas padi sekaligus menurunkan emisi GRK, serta bahwa model ANN berpotensi digunakan sebagai alat prediksi emisi GRK pada budidaya padi sawah berkelanjutan.

Kata kunci: ANN, AWD, emisi gas rumah kaca, model logistik *verhaust*, produktivitas.



SUMMARY

SITTI FILZHA FITRYA GINOGA. Analysis and Modeling of Greenhouse Gas Emissions from Irrigated Rice Fields under an Alternate Wetting-Drying (AWD) System. Supervised by CHUSNUL ARIF and YUDI CHADIRIN.

Rice cultivation is one of the major sources of greenhouse gas (GHG) emissions, particularly methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). Water management through the Alternate Wetting and Drying (AWD) system has the potential to improve rice productivity while reducing GHG emissions. This study aimed to analyze the effects of different irrigation treatments on rice productivity, develop crop growth models, evaluate GHG emissions and Global Warming Potential (GWP), and develop an Artificial Neural Network (ANN) model for estimating GHG emissions. The experiment employed three irrigation treatments, namely Continuous Flooding (FL), Wetting (WT), and Drying (DR). Crop growth was modeled using the Verhulst logistic growth model, while GHG emissions were estimated using an ANN model with five soil environmental parameters as input variables. The results showed that the DR treatment produced the highest grain yield of 10.75 t ha^{-1} , whereas FL resulted in the lowest yield of 7.79 t ha^{-1} . The lowest CH_4 emissions and GWP were also observed under DR, reaching 82.50 kg ha^{-1} and $2,539 \text{ kg CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$, respectively, representing reductions of 76.2% and 74.2% compared with FL. In terms of water use, the WT treatment saved 4.40% of irrigation water and 12.04% of DR compared to FL. These results indicate that DR can increase rice productivity and water efficiency without inhibiting plant growth. The logistic model successfully described crop growth with coefficients of determination (R^2) ranging from 0.894 to 0.996. Meanwhile, the ANN model demonstrated high predictive accuracy for CH_4 ($R^2 = 0.92$) and N_2O ($R^2 = 0.82$) emissions. The findings indicate that the AWD system through the DR treatment is an effective water management strategy for increasing rice productivity while reducing greenhouse gas emissions. Furthermore, the developed ANN model shows strong potential as a tool for predicting GHG emissions in sustainable irrigated rice cultivation systems.

Keywords: ANN, AWD, greenhouse gas emissions, Verhulst logistics model, productivity.



@Hak cipta milik IPB University

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 2026¹
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.

ANALISIS DAN PEMODELAN EMISI GAS RUMAH KACA PADI SAWAH IRIGASI DENGAN SISTEM *ALTERNATE WETTING-DRYING* (AWD)

SITTI FILZHA FITRYA GINOGA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
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 Tesis:

1 Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si.



Judul Tesis : Analisis dan Pemodelan Emisi Gas Rumah Kaca Padi Sawah Irigasi
dengan Sistem *Alternate Wetting-Drying* (AWD)
Nama : Sitti Filzha Fitrya Ginoga
NIM : F4501232027

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP., M.Si., IPM.
NIP 19801206 200501 1 004

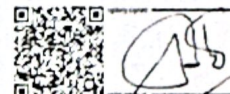


Pembimbing 1:
Dr. Ir. Yudi Chadirin, S.TP., M.Agr.
NIP 19740926 199903 1 004

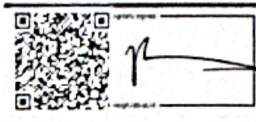


Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si., IPM.
NIP 19730411 200501 1 002



Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian:
25 Juni 2026

Tanggal Lulus: 07 JUL 2026

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 Juni 2025 sampai bulan September 2025 ini ialah emisi gas rumah kaca, dengan judul “Analisis dan Pemodelan Emisi Gas Rumah Kaca Padi Sawah Irigasi dengan Sistem *Alternate Wetting-Drying* (AWD)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP., M.Si., IPM. Dan Dr. Yudi Chadirin, S.TP., M.Agr. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada penguji atas saran dan masukan untuk perbaikan karya ilmiah ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Verri Ginoga, Ibu Musdiana, Kakak Muh. Fadhil Al-haaq Ginoga, Kakak Nila Husnah, dan Ponakan Xavira Aqila Azahra Ginoga. Penulis sampaikan terimakasih kepada Baskoro Tri Julianto atas bantuan selama menempuh pendidikan magister. Terimakasih diucapkan kepada teman teman SIL 2023/2024.

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

Bogor, Juli 2026

Sitti Filzha Fitrya Ginoga



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Desain Pengelolaan Air	7
2.4 Penanaman dan Pengumpulan Data	8
2.5 Pengembangan Model Pertumbuhan Tanaman	9
2.6 Analisis dan Perhitungan Gas Rumah Kaca	10
2.7 Pemodelan Gas Rumah Kaca dengan <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	12
III HASIL DAN PEMBAHASAN	14
3.1 Produktivitas Tanaman Padi terhadap Pengaruh Perlakuan Irigasi	14
3.2 Model Pertumbuhan Tanaman pada berbagai Perlakuan Irigasi	21
3.3 Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada berbagai Perlakuan Irigasi	24
3.4 Prediksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dengan Model ANN	29
IV SIMPULAN DAN SARAN	33
4.1 Simpulan	33
4.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	56

DAFTAR TABEL

1	Pertumbuhan tanaman akhir dengan berbagai perlakuan irigasi	18
2	Hasil gabah dengan berbagai perlakuan irigasi	19
3	Kebutuhan irigasi, drainase, dan <i>water productivity</i> (WP) dengan berbagai perlakuan irigasi	20
4	Parameter lingkungan pada berbagai perlakuan irigasi	24
5	Emisi gas rumah kaca dengan berbagai perlakuan irigasi	28

DAFTAR GAMBAR

1	Desain rancangan sistem irigasi yang beragam dalam penelitian	5
2	Stasiun cuaca otomatis yang digunakan dalam penelitian	6
3	Tata letak <i>closed chamber</i> yang digunakan pada setiap kotak <i>fiberglass</i>	6
4	Dinamika tinggi muka air pada tiga perlakuan irigasi: (a) FL, (b) WT, dan (c) DR selama periode pertumbuhan tanaman padi.	8
5	Penerapan sistem <i>closed chamber</i> pada kotak <i>fiberglass</i> dan bagian-bagian utama <i>closed chamber</i>	10
6	Model ANN untuk memperkirakan emisi gas rumah kaca	12
7	Dinamika suhu udara dan kelembaban relatif selama musim tanam	14
8	Ketinggian air dan curah hujan pada berbagai perlakuan irigasi	15
9	Dinamika pertumbuhan tinggi tanaman dengan berbagai perlakuan irigasi	17
10	Dinamika pertumbuhan jumlah anakan dengan berbagai perlakuan irigasi	17
11	Dinamika pertumbuhan jumlah malai dengan berbagai perlakuan irigasi	18
12	Model pertumbuhan logistik (<i>Verhulst</i>) tinggi tanaman padi pada berbagai perlakuan irigasi: (a) DR, (b) WT, dan (c) FL.	21
13	Model pertumbuhan logistik (<i>Verhulst</i>) jumlah anakan padi pada berbagai perlakuan irigasi: (a) DR, (b) WT, dan (c) FL.	22
14	Model pertumbuhan logistik (<i>Verhulst</i>) jumlah malai padi pada berbagai perlakuan irigasi (a) DR, (b) WT, dan (c) FL.	23
15	Fluks CH ₄ dengan berbagai perlakuan irigasi	25
16	Fluks N ₂ O dengan berbagai perlakuan irigasi	27
17	Hasil validasi model ANN (a) emisi CH ₄ dan (b) emisi N ₂ O	29
18	Perbandingan antara observasi dan prediksi (a) emisi CH ₄ dan (b) emisi N ₂ O pada perlakuan irigasi DR	30
19	Perbandingan antara observasi dan prediksi (a) emisi CH ₄ dan (b) emisi N ₂ O pada perlakuan irigasi WT	31
20	Perbandingan antara observasi dan prediksi (a) emisi CH ₄ dan (b) emisi N ₂ O pada perlakuan irigasi FL	32

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 LAMPIRAN

1	Data cuaca harian dari stasiun cuaca otomatis	42
2	Data harian tinggi muka air dan parameter lingkungan (daya hantar listrik, suhu tanah, kelembaban tanah, dan pH)	45
3	Data rata-rata tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah malai	49
4	Data rata-rata emisi gas rumah kaca CH ₄ dan N ₂ O	50
5	Data <i>input</i> pemodelan ANN	51
6	Data hasil <i>running</i> pemodelan ANN	53