

**PENGARUH PEMUPUKAN NITROGEN DAN SKEMA PEMBERIAN
IRIGASI TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN EMISI GAS
METANA (CH₄) PADA BUDIDAYA TANAMAN PADI SAWAH**

(Tesis)

Oleh

DIDIK PURWANTO
NPM 2024011002



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION AND IRRIGATION SCHEME ON GROWTH, PRODUCTION AND METANE (CH₄) EMISSIONS IN PADDY RICE CULTIVATION

By

DIDIK PURWANTO

Global warming is an environmental problem that is an important issue throughout the world, including in Indonesia. Global warming, namely the increase in the temperature of the earth's surface caused by an increase in the concentration of greenhouse gases (GHG) such as methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), and nitrous oxide (NO₂) in the atmosphere. The production of CH₄ is a microbiological process by methanogenic bacteria, which is largely controlled by the absence of oxygen and the amount of easily degradable activity. Fertilization and irrigation are the two most important of several factors that directly affect the process of nitrification and denitrification in the soil. This study aims to (1) determine the growth response and yield of rice plants with different nitrogen (N) fertilization treatments and irrigation schemes; (2) determine the CH₄ gas emissions produced from rice cultivation with different nitrogen treatment and irrigation schemes by direct measurement; (3) studied the use of the DNDC model in predicting CH₄ gas emissions in rice cultivation. In this study, direct measurements of methane gas emissions were carried out in the field and analyzed in the laboratory using gas chromatography (GC). In addition, a simulation of the DNDC model was carried out using field data including analysis of soil, climate and plant management data. The research was conducted from October 2021 to March 2022 in farmers' paddy fields in Rawa Jitu Utara District, Mesuji Regency, Lampung Province. This study used a factorial design in a striped plot design (RPB) which consisted of two factors, namely different irrigation schemes and nitrogen (N) fertilization. The irrigation scheme factor is placed as the main factor consisting of 2 levels namely; intermittent irrigation (IR1) and flooded irrigation (IR2), while N fertilization is placed as the second factor consisting of 3 factors namely; 0 kg N/ha (N0), 50 kg N/ha (N50), and 100 kg N/ha (N100), each treatment was repeated 3 times. Gas sampling was carried out in 2 important phases of plant growth, namely the vegetative phase (45 - 50 DAP) and the generative phase (75 - 80 DAP) during the day local time at

00.00-02.00 pm. Gas sample then analysed on the laboratory using gas chromatography. The results showed that the intermittent irrigation treatment resulted in higher grain weight per clump and dry harvested grain (GDH) production compared to flooded irrigation. Application of nitrogen fertilizer at a dose of 100 kg N/ha can increase plant height, grain weight per clump, harvested dry grain production (GDH) and stover weight. The best treatment in supporting the growth of the number of tillers of rice plants in the combination of intermittent irrigation treatment with a fertilization dose of 100 kg N/ha. The intermittent irrigation treatment resulted in a lower CH₄ flux value than the flooded irrigation treatment. The lowest CH₄ flux value was in the intermittent irrigation treatment at 90 DAP of plant age of 1.07 mg/m²/day. Meanwhile, the highest CH₄ flux was in the flooded irrigation treatment at the age of 65 DAP reaching 149.72 mg/m²/day. The prediction of the DNDC model in the intermittent irrigation scheme produces lower CH₄ gas emissions compared to flooded irrigation, this result tends to be the same as the actual calculation of CH₄ emissions in the field.

Keywords: Paddy, Nitrogen Fertilization, Irrigation, Methane (CH₄) Emissions, DNDC Model

ABSTRAK

PENGARUH PEMUPUKAN NITROGEN DAN SKEMA PEMBERIAN IRIGASI TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN EMISI GAS METANA (CH₄) PADA BUDIDAYA TANAMAN PADI SAWAH

Oleh

DIDIK PURWANTO

Pemanasan global (*global warming*) merupakan masalah lingkungan yang menjadi isu penting diseluruh dunia termasuk di Indonesia. Pemanasan global yaitu naiknya temperatur permukaan bumi disebabkan oleh kenaikan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) seperti metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), dan dinitrogen oksida NO₂ di atmosfer. Produksi CH₄ adalah proses mikrobiologis oleh bakteri metanogen, yang sebagian besar dikendalikan oleh tidak adanya oksigen dan banyaknya aktifitas yang mudah terdegradasi. Pemupukan dan pengairan adalah dua faktor yang paling penting dari beberapa faktor yang langsung berpengaruh terhadap proses nitrifikasi dan denitrifikasi dalam tanah. Penelitian ini bertujuan (1) mengetahui respon pertumbuhan dan hasil tanaman padi dengan perlakuan pemupukan nitrogen (N) dan skema irigasi yang berbeda; (2) mengetahui emisi gas CH₄ yang dihasilkan dari budidaya tanaman padi dengan perlakuan pemberian nitrogen dan skema irigasi yang berbeda dengan pengukuran langsung; (3) mempelajari penggunaan model DNDC dalam memprediksi emisi gas CH₄ pada budidaya tanaman padi. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran langsung emisi gas metan di lapangan dan dianalisis di laboratorium menggunakan *gas chromatography* (GC). Selain itu, dilakukan simulasi model DNDC dengan menggunakan data-data lapang diantaranya analisis tanah, iklim dan data manajemen pengelolaan tanaman. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2021 hingga Maret 2022 di lahan sawah petani di Kecamatan Rawa Jitu Utara Kabupaten Mesuji Provinsi Lampung. Pada penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dalam rancangan petak-berjalur (RPB) yang terdiri dari dua faktor yaitu skema irigasi dan pemupukan nitrogen (N) yang berbeda. Faktor skema irigasi diletakkan sebagai faktor utama terdiri dari 2

taraf yaitu; irigasi intermitten (IR1) dan irigasi tergenang (IR2), sedangkan pemupukan N diletakkan sebagai faktor kedua terdiri dari 3 faktor yaitu; 0 kg N/ha (N0), 50 kg N/ha (N50), dan 100 kg N/ha (N100), masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pengambilan sampel gas dilakukan pada 2 fase penting pertumbuhan tanaman yaitu fase vegetatif (45 - 50 HST) dan fase generatif (75 - 80 HST) pada siang hari waktu setempat pukul 12.00-14.00 WIB. Sampel gas kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan gas kromatografi. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan irigasi intermitten menghasilkan bobot gabah per rumpun dan produksi gabah kering panen (GKP) lebih tinggi dibandingkan irigasi tergenang. Pemberian pupuk nitrogen dosis 100 kg N/ha dapat meningkatkan variabel tinggi tanaman, bobot gabah per rumpun, produksi gabah kering panen (GKP) dan berat brangkasan. Perlakuan terbaik dalam menunjang pertumbuhan jumlah anakan tanaman padi pada kombinasi perlakuan irigasi intermitten dengan dosis pemupukan 100 kg N/ha. Perlakuan irigasi intermitten menghasilkan nilai fluks CH_4 lebih rendah dibandingkan perlakuan irigasi tergenang. Nilai fluks CH_4 paling rendah pada perlakuan irigasi intermitten saat umur tanaman 90 HST sebesar 1,07 mg/m²/hari. Sedangkan nilai fluks CH_4 paling tinggi pada perlakuan irigasi tergenang saat umur tanaman 65 HST mencapai 149,72 mg/m²/hari. Prediksi model DNDC pada skema irigasi intermitten menghasilkan emisi gas CH_4 lebih rendah dibandingkan dengan irigasi tergenang, hasil ini cenderung sama dengan hasil perhitungan emisi CH_4 aktual di lapangan.

Kata Kunci: Padi, Pemupukan Nitrogen, Irigasi, Emisi Gas Metana (CH_4), Model DNDC

**PENGARUH PEMUPUKAN NITROGEN DAN SKEMA PEMBERIAN
IRIGASI TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN EMISI GAS
METANA (CH₄) PADA BUDIDAYA TANAMAN PADI SAWAH**

Oleh

Didik Purwanto

Tesis

**Sebagai Salah Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN**

Pada

**Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Tesis

**: PENGARUH PEMUPUKAN NITROGEN
DAN SKEMA PEMBERIAN IRIGASI
TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI
DAN EMISI GAS METANA (CH₄) PADA
BUDIDAYA TANAMAN PADI SAWAH**

Nama Mahasiswa

: Didik Purwanto

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2024011002

Program Studi

: Magister Agronomi

Fakultas

: Pertanian



Dr. Ir. Tumiar Katarina Manik, M. Sc.
NIP 196302021987032001

Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M. S., IPM.
NIP 196209281987031001

Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.
NIP 196108141986091001

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

Prof. Dr. Ir. Yusnita, M. Sc.
NIP 196108031986032002

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

Pembimbing utama : **Dr. Ir. Tumiar K Manik, M. Sc.**

Pembimbing kedua : **Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S., IPM**

Pembimbing ketiga : **Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Karyanto, M. Sc.**

2. **Dekan Fakultas Pertanian**

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si.

NIP. 196110201986031002

3. **Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung**

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP. 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 19 September 2023



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

Tesis dengan judul "**PENGARUH PEMUPUKAN NITROGEN DAN SKEMA PEMBERIAN IRIGASI TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN EMISI GAS METANA (CH₄) PADA BUDIDAYA TANAMAN PADI SAWAH**" merupakan karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulisan lain dengan cara yang tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme;

1. Pembimbing tesis berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya;
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 19 September 2023
Pembuat pernyataan



Didik Purwanto
NPM 2024011002

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Magetan, Kec. Parang, Kab. Magetan, Propinsi Jawa Timur pada 11 November 1984, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari bapak Kasimun dan ibu Ningsih. Jenjang pendidikan yang pernah ditempuh Penulis adalah Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Joretro, Magetan diselesaikan tahun 1997, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Negeri 2 Parang, Magetan diselesaikan tahun 2000, dan Sekolah Menengah Umum (SMU) Negeri 1 Tanjung Raya, Mesuji diselesaikan tahun 2003, serta S1 pada Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung diselesaikan pada tahun 2008. Pada bulan Agustus tahun 2020, penulis diterima menjadi mahasiswa Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Saat ini, penulis bekerja sebagai ASN Fungsional Penyuluh Pertanian di Dinas Pertanian Kabupaten Mesuji Propinsi Lampung.

Bismillahirrahmanirrahim

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wata'ala*, yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan tesis ini, Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'alaihi wassallam*.

Dengan cinta dan rasa syukur kupersembahkan karya ini untuk kedua orang tua ku, adik-adikku dan istriku tercinta Yunida Laila, S.P serta anakku tersayang Jihan Putri Andini atas doa, pengorbanan serta kasih sayang yang diberikan kepada penulis.

Serta Almamater Tercinta

Magister Agronomi

Fakultas Pertanian

Universitas Lampung

"Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman dan berilmu diantaramu beberapa derajat. Dan Allah Maha Teliti terhadap apa yang kamu kerjakan"

(QS Al-Mujadilah: 11)

"Berilmulah sebelum kamu berbicara, beramal, atau beraktivitas"

(HR Bukhori)

"Belajarlah kamu semua, dan ajjarlah kamu semua, dan hormatilah guru-gurumu, serta berlaku baiklah terhadap orang yang mengajarkanmu"

(HR Thabrani)

SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah *Subhanuhu wata'ala* yang telah melimpah segala kenikmatan baik lahir maupun bathin, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul PENGARUH PEMUPUKAN NITROGEN DAN SKEMA PEMBERIAN IRIGASI TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN EMISI GAS METANA (CH₄) PADA BUDIDAYA TANAMAN PADI SAWAH Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian (S2) di Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan perhatian dan saran yang diberikan kepada Penulis;
5. Dr. Ir. Tumiar Katarina Manik, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I atas fasilitas penelitian, saran, kesabaran, motivasi, dan nasihat yang telah diberikan selama penelitian sampai penulisan tesis ini selesai;
6. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., IPM., selaku Dosen Pembimbing II dan Pembimbing Akademik atas bimbingan, saran, nasihat dan motivasi yang diberikan kepada Penulis;

7. Dr. Ir Eko Pramono, M.S., selaku Dosen Pembimbing III atas bimbingan, saran, nasihat dan motivasi yang diberikan kepada Penulis;
8. Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada Penulis;
9. Kedua orang tua tercinta bapak Kasimun dan ibu Ningsih, ibu mertuaku Nurani, adik-adiku dan keluarga besar Mbah Samani (alm) atas segala motivasi dan dukungan yang diberikan kepada Penulis;
10. Istriku tercinta Yunida Laila, S.P. dan anakku tersayang Jihan Putri Andini atas segala doa, dan kasih sayang kepada Penulis;
11. Sahabat-sahabat S2 Magister Agronomi Angkatan 2020, atas segala saran, motivasi dan dukungan yang diberikan kepada Penulis;
12. Rekan – rekan Penyuluh Pertanian, Operator/staf, dan Pendamping IPDMIP Balai Penyuluhan Pertanian Kecamatan Rawa Jitu Utara serta kelompok tani/Gapoktan di Desa Sidang Way Puji atas segala bantuan, dukungan dan saran yang diberikan kepada Penulis;
13. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu yang secara langsung telah membantu Penulis baik selama pelaksanaan penelitian maupun dalam proses penyelesaian tesis ini.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya, dan Penulis berharap semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Bandar Lampung, 19 September 2023
Penulis,

Didik Purwanto

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Gas Rumah Kaca.....	7
2.2. Produksi metana oleh bakteri Metanogen	8
2.3. Emisi metana (CH ₄) di lahan sawah.....	10
2.4. Denitrification-Decomposition Model (DNDC)	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Waktu dan Tempat	20
3.2. Alat dan bahan.....	20
3.3. Rancangan Penelitian	20
3.4. Pelaksanaan Penelitian	21
3.4.1. Pengambilan Sampel Tanah.....	21
3.4.2. Pengolahan Tanah	21
3.4.3. Pembuatan Petak Percobaan	22
3.4.4. Pembibitan	22
3.4.5. Penanaman	22
3.4.6. Pemupukan.....	22

3.4.7.	Pengairan.....	23
3.4.8.	Pemeliharaan.....	24
3.4.9.	Pemanenan	24
3.5.	Pengamatan	24
3.5.1.	Sifat Tanaman	24
3.5.2.	Emisi Gas CH ₄	24
3.6.	Perhitungan Laju Fluks Emisi Gas CH ₄	26
3.7.	Perhitungan Emisi Metan menggunakan model DNDC	26
3.8.	Diagram Alir Penelitian	28
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1.	Karakteristik Agroklimat Pada Lokasi Penelitian.....	29
4.2.	Variabel Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi.....	33
4.2.1.	Tinggi Tanaman	33
4.2.2.	Jumlah anakan.....	35
4.2.3.	Komponen Produksi.....	37
4.2.4.	Berat brangkasan tanaman padi	39
4.3.	Hasil Pengamatan Gas CH ₄ di lapang	40
4.4.	Perhitungan Emisi Gas Metan Dengan Simulasi Model DNDC	46
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1.	Kesimpulan	53
5.2.	Saran.....	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Bakteri Metagenik dan Metanotrofik	8
2. Skema Irigasi Intermitten (IR.1)	23
3. Skema Irigasi Tergenang (IR.2).....	23
4. Parameter Input Model DNDC	27
5. Hasil Analisis Sifat Fisika dan Sifat Kimia Tanah.....	29
6. Unsur-Unsur Iklim pada Tahun 2021-2022	31
7. Tinggi Tanaman Padi pada umur 27 HST, 47 HST, dan 85 HST	34
8. Interaksi Faktor Irigasi dan Faktor Nitrogen Terhadap Jumlah Anakan Padi pada umur 27 HST dan 47 HST.....	36
9. Bobot Gabah Per Rumpun Dan Produksi Gabah Kering Panen (GKP)....	37
10. Berat Brangkas Tanaman Padi	39
11. Hasil Analisis Fluks CH ₄ Pada Perlakuan Skema Irigasi Intermitten (IR1) Dengan Dosis Nitrogen Berbeda.....	40
12. Hasil Analisis Fluks CH ₄ Pada Perlakuan Skema Irigasi Tergenang (IR2) Dengan Dosis Nitrogen Berbeda.....	40
13. Parameter Input Simulasi Model DNDC	47
14. Hasil Analisi Emisi Gas Metan Melalui Simulasi Model DNDC.....	48
15. Data Iklim Selama Penelitian.....	60
16. Data Pengamatan Tinggi Tanaman Umur 27 HST	63
17. Data Pengamatan Tinggi Tanaman Umur 47 HST	63
18. Data Pengamatan Tinggi Tanaman Umur 85 HST	64
19. Data Pengamatan Jumlah Anakan Umur 27 HST	64
20. Data Pengamatan Jumlah Anakan Umur 47 HST.....	65
21. Data Pengamatan Bobot Gabah per Rumpun (gr).....	65
22. Data Pengamatan Produksi Gabah Kering Pnen Per Petak Percobaan (kg).....	66
23. Data Pengamatan Berat Berangkas Per Rumpun (gr)	66
24. Data Pengamatan Gas Metan (CH ₄).....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran	5
2. Dinamika produksi dan emisi metana (CH ₄) dari lahan sawah.....	11
3. Skema Model DNDC (Sumber: University of New Hampshire, 2007)	16
4. Tata Letak Rancangan Percobaan	21
5. Pengambilan gas metana (CH ₄) di lahan sawah.....	26
6. Lokasi pelaksanaan penelitian	29
7. Kondisi Curah Hujan dan Suhu Selama Periode Tanam Padi	31
8. Visualisasi kondisi iklim di Lokasi Penelitian Tahun 2021 – 2022....	32
9. Fluks Emisi Gas CH ₄ Pada Perlakuan Irigasi Intermitten (IR1).....	42
10. Fluks Emisi Gas CH ₄ Pada Perlakuan Irigasi Tergenang (IR2).....	43
11. Pola Fluks Emisi Gas CH ₄ pada Model DNDC	48
12. Kerangka Konseptual Pengaruh Pemupukan Nitrogen dan Pemberian Irigasi Terhadap Emisi CH ₄	50
13. Dokumentasi Pengambilan Sampel Tanah Di Lokasi Penelitian.....	69
14. Dokumentasi Pengambilan Gas CH ₄ Pada Saat Umur Tanaman Padi 35 HST	69
15. Dokumentasi Pengambilan Gas CH ₄ Pada Saat Umur Tanaman Padi 65 HST	70
16. Dokumentasi Pengambilan Gas CH ₄ Pada Saat Umur Tanaman Padi 90 HST	70

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) merupakan masalah lingkungan yang menjadi isu penting diseluruh dunia termasuk di Indonesia. Pemanasan global yaitu naiknya temperatur permukaan bumi disebabkan oleh kenaikan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) seperti metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), dan dinitrogen oksida NO₂ di atmosfer. Pemanasan global memberikan dampak terhadap kehidupan di bumi seperti naiknya permukaan laut akibat mencairnya es dan gletser di kutub, meningkatnya curah hujan di sebagian belahan bumi dan di belahan lain terjadi kekeringan, penyebaran penyakit tropis dan punahnya beberapa spesies karena tidak mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim (Damayanti dan Pentiana, 2013).

Pemanasan global yang merupakan akibat dari peningkatan gas rumah kaca dapat mempengaruhi produksi tanaman dan akhirnya ketersediaan pangan. IPCC (*International Panel For Climate Change*) memproyeksikan kenaikan suhu 1.8 sampai 4°C menjelang tahun 2100. Kenaikan suhu mempengaruhi aspek fungsi, pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan cara berbeda tergantung jenis tanaman dan lokasi geografis. Produksi tanaman diproyeksikan menurun dengan kenaikan suhu 1-2 °C di wilayah tropis pada musim kering (Singh et al., 2013). Disisi lain, sektor pertanian adalah kontributor utama pada antropogenik gas rumah kaca diluar CO₂ yang bertanggung jawab terhadap sekitar 10–12% dari gas rumah kaca global. Sebagai contoh, budidaya padi yang tergenang adalah sumber metan di atmosfer yang memiliki dampak 25 kali terhadap pemanasan global dibandingkan dengan CO₂ dalam 100-tahun (Babu et al., 2006).

Salah satu contoh GRK di atmosfer yang cukup tinggi dan berpengaruh terhadap perubahan suhu global adalah gas CH₄. Meskipun konsentrasi gas CH₄ yang terdapat di atmosfer lebih kecil dibandingkan CO₂ tetapi gas CH₄ dapat menyerap panas 21 kali lebih besar dibandingkan gas CO₂. (IPPC 1997; Nisha dan Arif, 2019). Lahan padi sawah yang tergenang dapat menyumbang produksi gas metana ke atmosfer, diperkirakan 18-280 Gt CH₄ per tahun dilepas ke atmosfer oleh pertanian padi sawah. Kondisi lahan sawah yang tergenang mempengaruhi lingkungan lahan sawah untuk memproduksi gas CH₄ (Lindau et al., 1990).

Kabupaten Mesuji dengan luas wilayah 2.184 km (BPS, 2021a) memiliki potensi lahan sawah tadah hujan dan pasang surut seluas 25.056,72 ha dan sementara lahan yang tidak diusahakan seluas 10.325,6 ha (BPS, 2021b). Semua lahan sawah yang ada di Kabupaten Mesuji merupakan lahan sawah yang dalam setiap tahunnya dapat ditanami dalam dua kali musim tanam yaitu musim tanam rendeng (MT I) dan musim tanam gadu (MT II). Sistem pertanian yang umum digunakan oleh masyarakat adalah sistem pertanian konvensional dalam hal irigasi, yaitu melakukan penggenangan dari mulai tanam hingga menjelang panen atau sistem pengairan secara terus menerus. Sistem irigasi seperti ini menghasilkan emisi gas rumah kaca yang cukup tinggi.

Produksi CH₄ adalah proses mikrobiologis, yang sebagian besar dikendalikan oleh tidak adanya oksigen dan banyaknya aktifitas yang mudah terdegradasi.

Metanogen menghasilkan CH₄ dalam kondisi anaerob, karena penggenangan sawah memutus aliran pasokan oksigen dari atmosfer ke tanah, yang mengarah pada fermentasi anaerob bahan organik dalam tanah, menghasilkan produksi CH₄ setelah itu sebagian besar lolos dari tanah ke atmosfer melalui ruang gas di akar padi dan batang, dan sisa CH₄ menggelembung dari tanah dan / atau berdifusi perlahan melalui tanah dan genangan air di atasnya (Rahman dan Yamamoto, 2020).

Pemupukan dan pengairan adalah dua faktor yang paling penting dari beberapa faktor yang langsung berpengaruh terhadap proses nitrifikasi dan denitrifikasi dalam tanah. Distribusi dan jumlah air yang masuk ke lahan sawah akan

berpengaruh langsung terhadap proses denitrifikasi, karena hal tersebut menentukan kondisi tanah apakah dalam keadaan aerob atau anaerob. Namun demikian pengukuran langsung dan analisa efek kombinasi dari pemupukan dan pengairan terhadap emisi methane hingga saat ini belum banyak dievaluasi. Oleh karenanya perlu dilakukan penelitian terhadap perlakuan pemupukan nitrogen dan pemberian irigasi yang berbeda pada budidaya tanaman padi untuk mengetahui jumlah produksi emisi gas metana yang dihasilkan dari praktek budidaya tanaman padi tersebut.

Pengamatan CH_4 pada suatu sentra produksi dalam jangka panjang sulit karena ada berbagai pengelolaan lahan, faktor lingkungan, tanah, lama penggenangan, varietas padi, pertumbuhan tanaman dan cara budidaya tanaman keterbatasan waktu dan biaya yang diperlukan (Babu et al., 2006). Sehingga diperlukan suatu alat untuk menduga emisi CH_4 dari areal pertanian dalam jangka pendek maupun panjang. Prediksi emisi CH_4 dalam jangka panjang dimasa depan akan bermanfaat untuk strategi mitigasi. Untuk mengurangi kesulitan memperkirakan CH_4 emisi di berbagai lokasi, serta membantu pengelola menerapkan opsi mitigasi, simulasi emisi menggunakan model dapat menjadi alat yang berguna (Smakgahn et al., 2009).

Sejumlah model telah dikembangkan untuk memperkirakan laju emisi gas rumah kaca dari lahan sawah dan tiap-tiap model menggunakan pendekatan yang berbeda. Salah satu model yang telah dikembangkan adalah model *denitrification decomposition* (DNDC). Model DNDC adalah model yang didasarkan pada proses biogeokimia yang kompleks dari karbon (C) dan nitrogen (N) dalam ekosistem pertanian (Li et al, 2000; Rahmat et al., 2019).

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk

1. Mengetahui respon pertumbuhan, produksi dan emisi gas CH_4 pada tanaman padi dengan perlakuan skema irigasi dan pemupukan nitrogen yang berbeda.

2. Mempelajari penggunaan model DNDC dalam memprediksi emisi gas CH₄ pada budidaya tanaman padi.

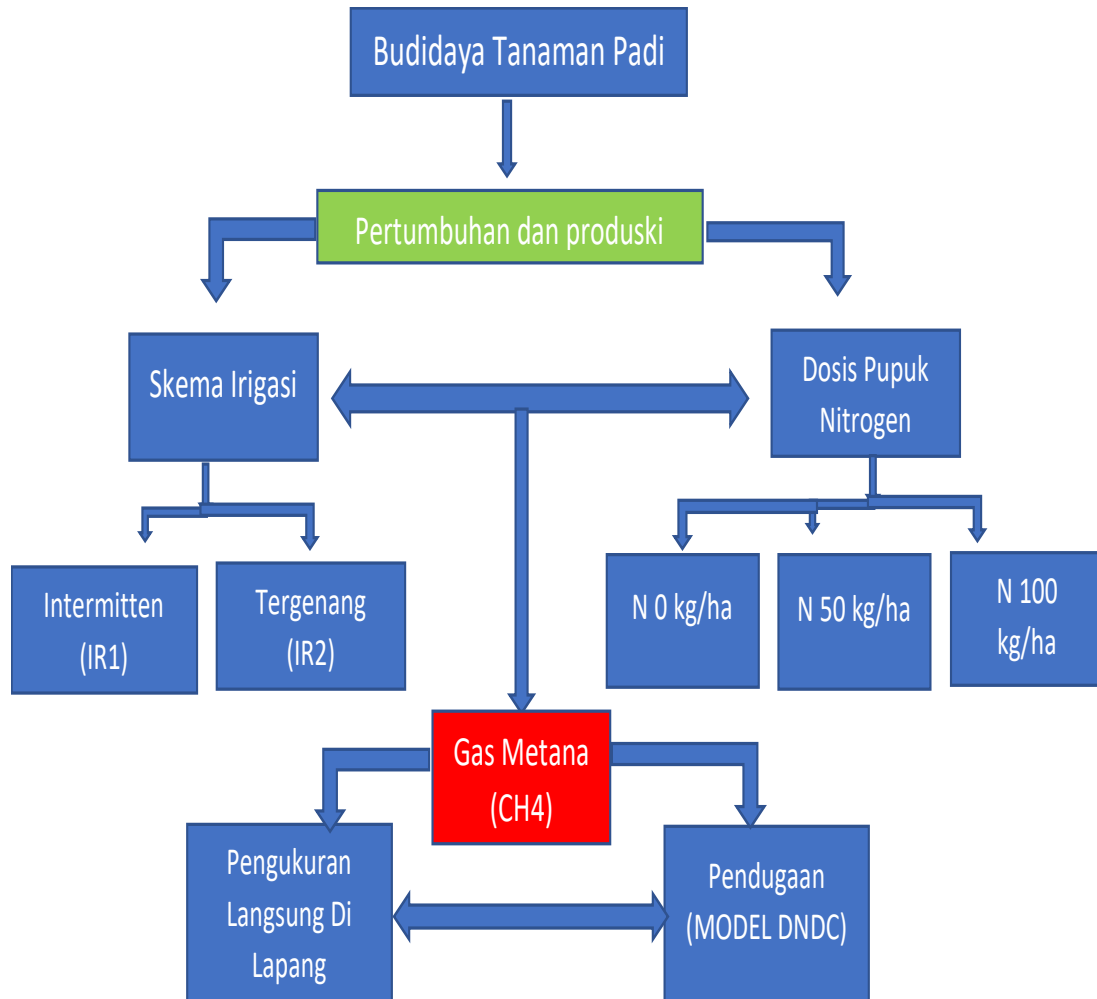
1.3. Kerangka Pemikiran

Penelitian menunjukkan bahwa emisi gas metana terjadi pada kondisi anaerob. Budidaya padi di Indonesia yang umumnya dilakukan dengan penggenangan pasti melepas gas metana ditambah lagi budidaya padi sawah juga dilakukan dengan penggunaan pupuk nitrogen. Pupuk nitrogen yang diberikan dilakukan pada dua tingkat dosis yaitu 50 Kg/ha, dan 100 kg/ha dibandingkan dengan kontrol yaitu tanpa pemberian Nitrogen (0 Kg/ha). Pemberian pupuk N dosis tertentu akan berpengaruh terhadap produksi gas metana, pengaruh tersebut dapat menstimulasi atau menghambat produksi metana di lahan sawah pada saat budidaya tanaman padi.

Upaya menekan emisi metana dapat dilakukan dengan memodifikasi skema irigasi yaitu dengan skema irigasi macak macak, air diberikan sekedar melembabkan tanah tetapi tidak menggenangi permukaan tanah. Tetapi perlu diketahui apakah pengurangan air atau perubahan skema irigasi ini mempengaruhi pertumbuhan dan produksi padi sawah. Apakah emisi metan pada skema irigasi macak macak benar benar lebih rendah daripada skema irigasi air tergenang, juga perlu diteliti. Penelitian tentang besarnya emisi metan pada dua skema yang berbeda dilakukan dengan pengukuran langsung di lapang menggunakan sungkup yang disebut *static gas chamber*.

Tiga tahap pertumbuhan tanaman padi yang diperkirakan mewakili adalah tahap vegetative (35 HST hari setelah tanam), tahap awal generative (65 HST) dan tahap menjelang panen (90 HST). Pengamatan emisi dilakukan dengan selang waktu 5 menit. Seluruh pengamatan dilakukan pada kedua skema irigasi. Laju emisi metan dianalisa di laboratorium yang kompeten yaitu Balai Lingkungan Tanaman (Sekarang bernama Badan Standarisasi Pertanian Lingkungan Tanaman). Untuk menguji apakah pengukuran di lapangan benar dan apakah pemeberian Nitrogen dan perbedaan skema irigasi menghasilkan emisi metan yang berbeda, dilakukan juga perhitungan melalui model yang disebut model DNDC. Jika

kedua perhitungan ini sejalan maka kesimpulan tentang pengaruh dosis pupuk Nitrogen dan skema irigasi berbeda menghasilkan emisi metan yang berbeda menjadi kuat.



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran

1.4. Hipotesis Penelitian

1. Perlakuan skema irigasi dan pemupukan nitrogen (N) yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi tanaman padi dan emisi gas CH_4 .
2. Model DNDC dapat digunakan untuk memprediksi produksi gas CH_4 pada budidaya tanaman padi.

1.5. Manfaat Penelitian

Karena perubahan iklim terus terjadi diperlukan pengukuran emisi gas CH₄ secara langsung dari budidaya padi sawah dalam skala lahan sehingga kedepan dapat menjadi dasar perhitungan dalam skala luas untuk menentukan kebijakan pertanian berbasis lingkungan yang dikenal sebagai pertanian cerdas iklim. Selain itu, untuk mendapatkan sistem pola tanam berbasis padi yang rendah emisi tetapi tetap menguntungkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (GRK) adalah gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca. Gas-gas tersebut sebenarnya muncul secara alami di lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia. GRK seperti karbondioksida, uap air, klorofluorokarbon (CFCs), metan dan nitrogen oksida merupakan gas-gas yang dapat memicu meningkatnya panas di permukaan bumi (global warming). Meningkatnya GRK ini dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca. Efek rumah kaca sendiri diartikan sebagai proses masuknya radiasi matahari dan terjebaknya radiasi tersebut di atmosfer akibat GRK sehingga menaikkan suhu permukaan bumi. Efek rumah kaca sejatinya dibutuhkan untuk menjaga suhu bumi, supaya perbedaan suhu antara siang dan malam tidak terlalu besar. Namun efek rumah kaca yang berlebihan akan menyebabkan pemanasan global dimana suhu di bumi akan naik secara signifikan yang ditandai dengan hal-hal antara lain mencairnya es di kutub, rusaknya ekosistem, naiknya ketinggian permukaan air laut dan perubahan iklim yang ekstrim (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020).

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa pada tahun 2000, total emisi GRK dari tiga gas utama (CO_2 , CH_4 , dan N_2O) dari sektor pertanian adalah sebesar 99.313,68 Gg CO_2e , pada tahun 2018, meningkat secara signifikan menjadi 131.641,97 Gg CO_2e . Berdasarkan sumbernya, pada tahun 2018 emisi utama dari sektor pertanian didominasi kegiatan budidaya padi sawah (32,27%), emisi N_2O langsung dari tanah yang dikelola (28,95%) dan fermentasi enterik dari ternak (13,88%). Emisi CH_4 dari budidaya padi sawah di Indonesia pada tahun 2000 dan 2018 adalah 37.460,76 CO_2e dan 42.485,28 CO_2e , kenaikan emisi yang

terjadi di tahun 2018 dapat dikaitkan dengan peningkatan luas lahan sawah dalam rangka swasembada pangan yang merupakan program prioritas dari Kementerian Pertanian. (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020).

2.2. Produksi metana oleh bakteri Metanogen

Produksi dan pelepasan gas rumah kaca ke atmosfer dari tanah sawah melibatkan berbagai proses mikrobiologi. Metanogen merupakan penghasil gas metana (CH_4) salah satu gas rumah kaca yang paling penting setelah CO_2 . Gas metana dihasilkan oleh sekelompok bakteri anaerobik obligat Archaeobacteria yang mempunyai struktur sel masih primitif. Bakteri ini memanfaatkan hasil perombakan selulose yang berupa asam formiat, asetat, methanol, metilamin, CO_2 dan H_2 yang diubah menjadi metana dalam kondisi anaerob (Wihardjaka dan Harsanti, 2011). Metanogen adalah organisme uniseluler anaerobik yang awalnya dianggap bakteri tetapi sekarang diakui sebagai milik domain filogenetik yang terpisah, archae.

Karakteristik fenotipik bakteri metanogenik tercantum pada Tabel 1. Analisis rRNA menunjukkan bahwa metanogen dapat dikategorikan dalam tiga kelompok. Grup I terdiri dari Methanobacterium dan Methanobrevibacter, Grup II: Methanococcus, dan Grup III terdiri dari genus termasuk Methanospirillum dan Methanosarcina. Bakteri tersebut berkembangbiak di lingkungan air tawar anaerobik, seperti: sedimen dan saluran pencernaan hewan (Dubey, 2005).

Tabel 1. Karakteristik Bakteri Metanogenik dan Metanotrofik

Karakteristik	Metanogen	Metanotrofik
Bentuk sel	Batang, kokus, spirila, berserabut, sarcina	Batang, kokus, vibrio
Reaksi pewarnaan	Gram +/-	Gram -
Klasifikasi	Archaeobacteria	Eubacteria
Dinding sel	pseudomurein, protein, heteropolisakarida	Peptidoglikan
Metabolisme	Anaerobik	Aerobil

Sumber energi dan karbon	H ₂ + CO ₂ ; H ₂ + metanol; format; metilamin; metanol, asetat	Metana, metanol; dimetil-eter, metil format, dimetil karbonat
Produk katabolik	CH ₄ atau CH ₄ + CO ₂	CO ₂
Siklus TCA	Tidak lengkap	Tidak lengkap (Tipe-I) atau lengkap (Tipe-II) ribulosa monofosfat
Jalur asimilasi karbon	Siklus TCA, glukoneogenesis	Jalur (Tipe-I) atau jalur serin (Tipe-II)
Sel istirahat	-	Kista (tipe-I) atau eksospora (Tipe-II)
Kandungan GC mol (%)	26-60	50-62,5
Spesies khas	<i>Methanobacterium bryanthii</i> ; <i>Metanobrevibacter smithii</i> ; <i>Methanomicrobium mobile</i> ; <i>Methanogenium carici</i>	<i>Metilosinus</i> ; <i>Metilobakter albus</i> ; <i>Methylomonas methanica</i>

Sumber : (Dubey, 2005).

Gas metana diproduksi di lapisan anaerobik tanah sawah oleh bakteri metanogen yang mendekomposisi bahan organik. Bahan organik berasal terutama dari sisa-sisa tanaman, dan aplikasi pupuk organik (Dannenberg and Conrad, 1999).

Degradasi anaerobik dari bahan organik melibatkan empat langkah utama: a) hidrolisis polimer dengan hidrolitik organisme, b) pembentukan asam dari senyawa organik sederhana oleh bakteri fermentatif, c) pembentukan asetat dari metabolit fermentasi oleh homoacetogenic atau bakteri sintrofik, dan d) pembentukan CH₄ dari H₂ + CO₂, asetat, termetilasi sederhana senyawa atau alkohol dan CO₂ (Yao and Conrad, 2001). CH₄ diproduksi di lahan sawah setelah pengurangan O₂, nitrat, mangan, besi dan sulfat, yang berfungsi sebagai elektron akseptor untuk oksidasi bahan organik untuk CO₂. Metanogenesis dari semua substrat membutuhkan sejumlah koenzim unik, beberapa di antaranya secara

eksklusif ditemukan di metanogen. Setidaknya sembilan enzim spesifik metanogen terlibat dalam jalur pembentukan metana dari H_2 dan CO_2 (Dubey, 2005).

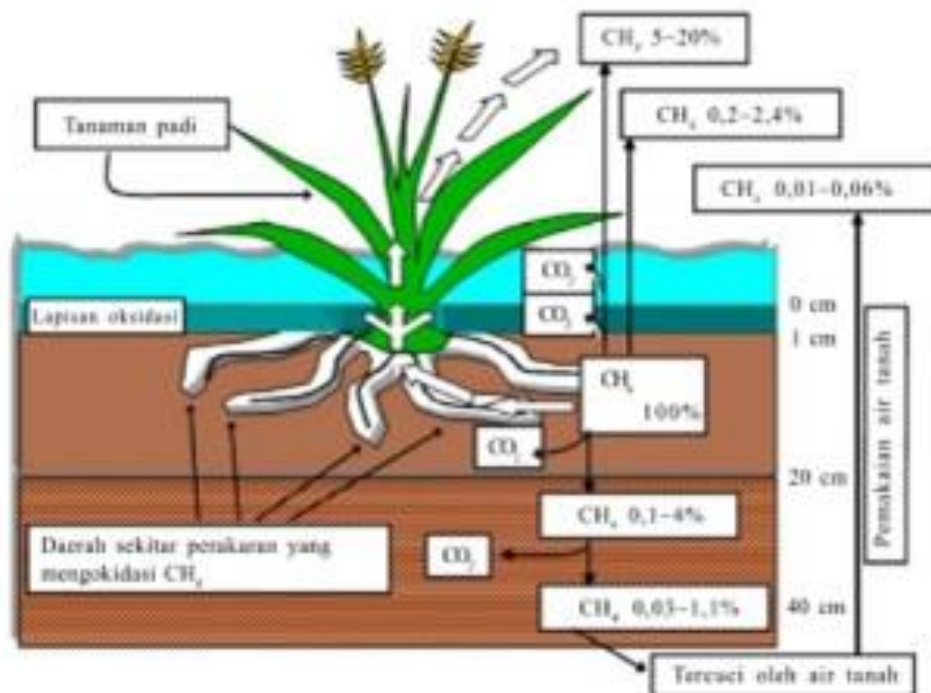
Metanogenik bakteri dapat ditemukan di ekosistem yang beragam, tetapi sejumlah kecil habitat telah diidentifikasi untuk melepaskan sejumlah besar metana ke atmosfer. Dua lingkungan yang berbeda dianggap sebagai sumber utama produksi biologis metana adalah tanah lahan basah dan saluran pencernaan ruminansia. Kedua habitat menunjukkan secara global dan kecenderungan berkembang karena kegiatan pertanian. Dampak dari hewan ternak yang menghasilkan emisi metana dari ruminansia dapat diukur dengan akurasi yang relatif tinggi sedangkan peningkatan emisi metana dari lahan basah yang disebabkan oleh perluasan penanaman padi hanya dapat diperkirakan dengan rentang yang relatif luas (Wassmann et al., 1993).

2.3. Emisi metana (CH_4) di lahan sawah

Lahan sawah merupakan tanah potensial yang dapat digunakan untuk budi daya padi sawah dalam satu tahun dapat sekali tanam atau dua kali tanam bahkan lebih. Sawah merupakan suatu ekosistem buatan dan suatu jenis habitat yang pada saat tertentu dalam kondisi basah dan kondisi kering. Karakteristik sawah ditentukan oleh periode penggenangan, tanaman padi, dan budi dayanya. Sawah tergenang biasanya merupakan lingkungan air sementara yang dipengaruhi oleh keragaman sinar matahari, suhu, kemasaman tanah (pH), potensial redoks (Eh), konsentrasi O_2 , dan status hara (Wihardjaka, 2015). Tanah sawah yang tergenang merupakan kondisi ideal bagi terbentuknya gas metana. Metana adalah hidrokarbon sederhana dengan empat ikatan C-H yang ekuivalen, merupakan salah satu GRK yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik dengan bantuan bakteri pembentuk metana (Johnson et al. 2007; Wihardjaka, 2015). Pemberian bahan organik berupa jerami maupun pupuk kandang menyebabkan emisi gas metana harian lebih tinggi dibanding tanpa bahan organik. Rata-rata fluk harian metana pada sistem olah tanah, varietas dan bahan organik dari

pengamatan awal 26 HST sampai umur 68 HST relatif tinggi, kemudian menurun hingga menjelang panen (Mulyadi et al., 2001)

Pada tanaman padi produksi metana berada di perakaran tanaman yang ditentukan oleh eksudasi akar, ketersediaan oksigen, kapasitas oksidasi perakaran, dan rongga aerenkhima akar. Bahan organik yang dihasilkan dari eksudasi akar, akar yang membusuk, dan pasokan bahan organik segar akan menghasilkan metana. Metana yang dihasilkan sebagian terlepas melalui rongga aerenkhima (5-20%), melalui gelembung ebulisi (0,2-2,4%), terperkolasi ke lapisan tanah bawah (0,1-4%), dan sebagian teroksidasi menjadi CO_2 (Watanabe dan Roger 1985; Wihardjaka, 2015). Tanaman padi berperan dalam tiga fungsi utama yang mengatur produksi gas CH_4 : (1) sebagai sumber substrat metanogenik, (2) sebagai saluran untuk CH_4 melalui sistem interseluler yang berkembang dengan baik ruang udara (*aerenchyma*), dan (3) sebagai CH_4 oksidator aktifizing-situs dalam rizosfir dengan mendukung transportasi O_2 transportasi melalui sistem aerenchyma (Wassmann and Aulakh, 2000).



Gambar 2. Dinamika produksi dan emisi metana (CH_4) dari lahan sawah (Watanabe dan Roger 1985 dalam Wihardjaka, 2015)

Sebagian besar pelepasan CH_4 disalurkan melalui batang yang merupakan agregasi dari pelepah daun. Pada tanaman padi terendam, banyak gelembung udara dilepaskan dari (1) epidermis abaksial dari selubung daun dan (2) di dekat persimpangan pelat nodal dan pelepah daun (Wassmann and Aulakh, 2000), mengamati pergeseran jalur transportasi dengan pertumbuhan tanaman; sekitar 50% dari CH_4 dilepaskan dari helaian daun sebelum pemanjangan tunas sedangkan hanya sejumlah kecil dipancarkan melalui daun sebagai tanaman bertambah tua.

Kondisi anaerobik dan ketersediaan zat organik yang dapat terurai sangat penting untuk produksi CH_4 di dalam tanah. Tanaman padi dapat mempengaruhi produksi CH_4 dengan meningkatkan anaerobikbiosis di dalam tanah serta dengan memasok senyawa organik melalui eksudat akar tanaman, yang memiliki kemampuan untuk memasok C dan sumber energi ke mikroorganisme yang ada di rizosfer. Akar tanaman menghasilkan semacam ekasudat akar yang menjadi sumber energi bagi bakteri metanogen, yang mempercepat proses pembentukan CH_4 . Eksudat akar mengandung senyawa karbohidrat, asam-asam organik dan asam amino. Tanaman yang membutuhkan fotosintesis yang baik akan menyebabkan eksudat akar yang dihasilkan lebih mudah terdegradasi. Kapasitas pengoksidasi akar yang baik menyebabkan konsentrasi oksigen di sekitar akar meningkat dan CH_4 teroksidasi secara biologis oleh bakteri metanotrof (Wassmann and Aulakh, 2000).

Pada pertumbuhan awal Fluks CH_4 merupakan perubahan laju emisi CH_4 yang dihasilkan padi dalam satu masa tanam. Pola perubahan laju emisi gas metana dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktor yang sangat penting yaitu pola irigasi atau penggenangan. Selain pola irigasi, faktor yang mempengaruhi peningkatan emisi CH_4 yaitu kelembaban, pH tanah, potensial redoks, suhu tanah, pertumbuhan tanaman dan varietas tanaman (Nisha dan Arif, 2019). Pada pertumbuhan fase awal tanaman padi nilai fluks CH_4 lebih rendah dan kemudian meningkat pada saat fase anakan setelah itu kembali menurun saat fase generatif (Yunianti et al., 2019). Ada beberapa faktor yang tidak mengalami perubahan dan ada juga faktor yang mengalami perubahan setiap tahunnya. Parameter yang berubah adalah dosis pupuk organik yang digunakan serta varietas (Desvita et al.,

2019). Penggunaan varietas padi yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda terhadap jumlah emisi yang dihasilkan. Dengan penerapan pengairan yang berbeda berpengaruh terhadap produksi GRK di lahan padi. Sistem pengelolaan kering mampu mengurangi emisi gas CH_4 , tetapi meningkatkan gas N_2O . Pengelolaan dengan penggenangan menghasilkan emisi gas CH_4 tertinggi dan dapat menurunkan emisi gas N_2O (Rahmat et al., 2019).

Pada lahan padi gogo rancah bersarnya gas metana lebih tinggi pada sistem olah tanah sempurna (OTS) dibandingkan dengan sistem tanpa olah tanah (TOT). Pada lahan yang diolah tanah sempurna dilakukan dua kali pembajakan, kemudian diratakan dengan menggunakan alat garu. Pengembalian jerami padi ke dalam tanah menghasilkan emisi metana lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian pupuk kandang dengan takaran yang sama. Sistem olah tanah dan pemberian jerami segar 5 t/ha pada musim tanam padi gogorancan MH 1999/2000 menghasilkan emisi gas metana lebih tinggi dibandingkan dengan sistem olah tanah tanpa pemberian jerami segar (Mulyadi et al. 2002; Wihardjaka, 2015).

2.4. Denitrification-Decomposition Model (DNDC)

Kuantifikasi dari emisi gas rumah kaca dari tanah diperlukan untuk studi model global dalam konteks modifikasi ekosistem dan perubahan iklim. Tetapi, estimasi global dan regional dari gas rumah kaca dari areal persawahan sangat beragam sesuai asumsi yang dibuat tentang seberapa pentingnya berbagai faktor yang mempengaruhi emisi tersebut. Hanya beberapa studi (Li et al., 2005) yang telah mencoba menghitung secara rinci emisi gas rumah kaca skala regional. Model DNDC pertama kali dikembangkan untuk menyimulasikan emisi N_2O dari tanah pertanian dan terus dikembangkan hingga saat ini. Pengembangan Model DNDC yang dilakukan berupa prediksi fluks dan emisi GRK (Giltrap et al., 2010). Model DNDC memerlukan beberapa data input dalam proses runningnya. Beberapa data yang dibutuhkan adalah data lokasi, data iklim, data tanah, data tanaman, data pengolahan tanah, data pemupukan kimia, data irigasi dan penggenangan.

Model DNDC sudah digunakan secara meluas dalam 10 tahun terakhir oleh banyak peneliti, hasil simulasi menunjukkan bahwa DNDC mampu untuk mensimulasi pola dasar dari arus N_2O , CH_4 and NH_3 secara simultan.

Kemampuan ini menjadi penting dalam menghitung efek neto dari perubahan iklim atau manajemen pertanian alternatif baik pada pertaniannya maupun pada atmosfernya. Model DNDC dimodifikasi untuk memprediksi gas rumah kaca dari areal penanaman padi. Sebagian besar dari modifikasi itu berfokus pada simulasi dari biogeokimia anaerob dan pertumbuhan padi juga memberikan parameter untuk manajemen sawah. Model yang dimodifikasi diuji untuk sensitifitasnya kepada berbagai alternatif manajemen dan keragaman kondisi alam termasuk cuaca dan sifat/jenis tanah (Li et al., 2005).

Dalam estimasi emisi gas rumah kaca dalam kondisi manajemen tertentu pada skala aslinya, heterogenitas luasan dari sifat tanah (tekstur, kandungan organik tanah, pH) adalah sumber utama dari ketidakpastian. Sebuah pendekatan untuk mendapatkan faktor paling sensitif telah dikembangkan untuk DNDC untuk mengurangi besarnya faktor ketidakpastian (Li et al., 2005). Model DNDC yang telah dimodifikasi digunakan untuk menduga emisi CO_2 , CH_4 , and N_2O dari semua persawahan di China dengan dua tipe penerapan manajemen air yaitu penggenangan terus menerus dan drainase pada pertengahan musim yang merupakan praktek yang dominan, penelitian dilakukan selama dua kali yaitu sebelum 1980 dan tahun 2000 (Li et al., 2005).

Model DNDC tersusun atas dua komponen utama, komponen pertama terdiri dari iklim tanah, pertumbuhan tanaman dan sub-model dekomposisi, perkiraan suhu tanah, kelembaban, pH, potensial redoks (Eh) dan keadaan konsentrasi substrat yang terjadi akibat pengaruh ekologi seperti iklim, tanah, vegetasi dan aktivitas antropogenik. Komponen kedua tersusun atas sub-model nitrifikasi, denitrifikasi dan fermentasi, perkiraan emisi dari CO_2 , CH_4 , amonia (NH_3), nitrit oksida (N_2O) dan dinitrogen (N_2) dari sistem tanah tanaman. Hukum klasik fisika, kimia dan biologi, serta persamaan empiris yang dihasilkan dari studi laboratorium, telah tergabung dalam model untuk membuat parameter setiap reaksi geokimia atau biokimia tertentu. Seluruh model membentuk jembatan antara siklus biogeokimia C dan N dan penggerak ekologi utama.

Dalam menciptakan suatu pemodelan gas-gas dalam tanah, diperlukan keterkaitan antara faktor pengendali lingkungan, faktor lingkungan tanah, dan reaksi

biogeokimia. Akibat yang ditimbulkan dalam sistem dibagi menjadi dua kategori yaitu akibat keberadaan pengendali lingkungan dalam faktor lingkungan tanah, dan akibat faktor lingkungan tanah terhadap gas hasil reaksi biokimia dan geokimia.

a. Hubungan pengendali lingkungan dengan faktor lingkungan tanah

Tugas model dalam hal ini adalah menetapkan penghubung antara pengendali lingkungan dengan faktor lingkungan tanah. Perbedaan pengendali lingkungan tiap ekosistem tergantung dari input data seperti iklim, tanah, vegetasi, aktivitas manusia di lahan pertanian. DNDC memadukan pengendali lingkungan kedalam tiga submodel yaitu (Li, 2000):

1. Submodel iklim tanah

Submodel ini memadukan karakteristik tanaman, iklim, sifat tanah, dan aktivitas persawahan, dan melakukan perhitungan suhu, kelembaban (RH), Eh tanah, serta suhu udara, presipitasi dan status oksigen.

2. Submodel pertumbuhan tanaman

Submodel ini mengikuti pertumbuhan tanaman yang mempengaruhi suhu, RH, pH, Eh, DOC (Dissolved Organic Carbon) tanah dan konsentrasi nitrogen.

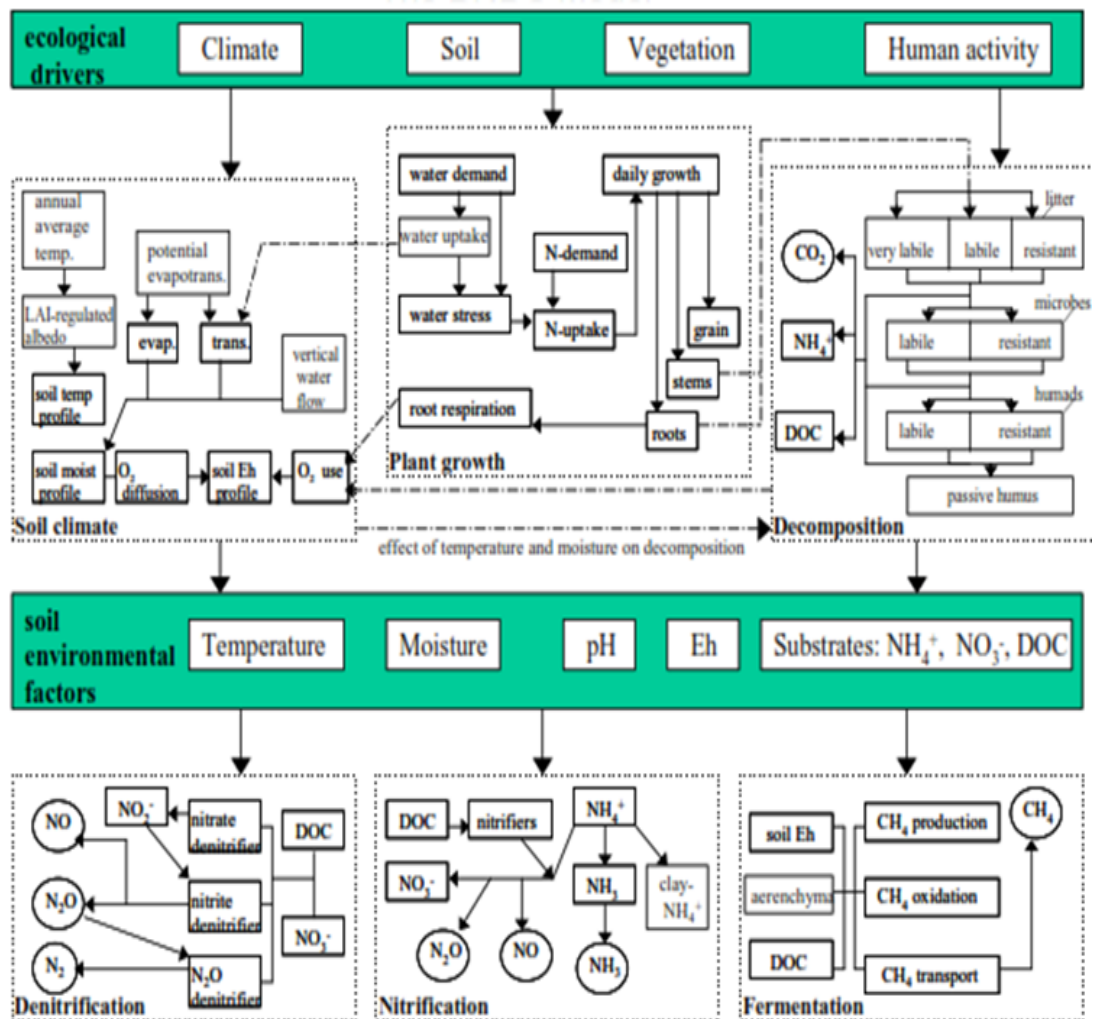
3. Submodel dekomposisi

Submodel ini mengikuti konsentrasi substrat (DOC, NH_4^+ , NO_3^-) dengan perpaduan karakteristik tanaman, iklim, properti tanah, dan aktivitas persawahan. Ketiga submodel berinteraksi menentukan suhu, RH, pH, Eh tanah dan konsentrasi substrat pada profil tanah dalam interval harian.

b. Hubungan faktor lingkungan tanah dengan emisi gas

Dalam hal ini, model menghubungkan faktor lingkungan tanah dengan laju produksi dan konsumsi gas, yang didasarkan pada proses biologi, kimia, dan fisika, atau berdasarkan variabel kontrol, sehingga pengaruh tiap variabel tanah dapat dibedakan. Berdasarkan proses fisik, biologi dan kimia, CH_4 terbentuk akibat dekomposisi bahan organik pada kondisi anaerob. Organisme yang

berperan khususnya bakteri metanogen, tidak dapat berfungsi baik bila terdapat oksidan (elektron akseptor). Beberapa oksidan tanah yang tereduksi sehingga dapat terbentuk CH_4 yaitu oksigen (tereduksi pada Eh +350 mV), MN^{4+} dan NO_3^- (Eh +250 mV), Fe^{3+} (Eh +150mV), SO_4^{2-} (Eh -150mV) dan CO_2 (Eh kurang dari - 200mV) (Kludze dan DeLaune, 1994 diacu dalam Li, 2000). Bakteri denitrifikasi menggunakan elektron akseptor selain oksigen karena kurangnya oksigen dalam tanah (Setyanto et al., 2004).

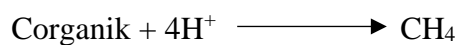
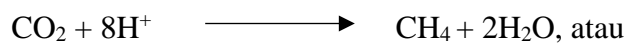


Gambar 3. Skema Model DNDC (Sumber: University of New Hampshire, 2007)

CH_4 adalah produk akhir dari reduksi biologis CO_2 atau C-organik dalam kondisi anaerob (Wassmann et al., 1993). Fluks CH_4 dipengaruhi oleh kandungan karbon (DOC) dalam tanah (Wassmann et al., 1993), Eh tanah dan suhu tanah (Vogels et al., 1988 diacu dalam Li, 2000). Reduksi karbon dalam pembentukan CH_4

disebabkan oleh mikroba anaerob (metanogen) yang aktif saat Eh tanah rendah (Wassmann et al., 1993). Produksi CH_4 meningkat secara eksponensial dengan pengurangan Eh pada range -150 sampai -200 mV, dan keadaan suhu optimum yaitu 30-40 °C (Kludze dan DeLaune, 1994 diacu dalam Li, 2000). Dalam hal ini, DNDC menghitung laju produksi CH_4 sebagai fungsi dari kandungan DOC dan suhu, dan memprediksi Eh tanah yang mencapai -150 mV atau dibawahnya.

Reaksi produksi CH_4 :



Jika CH_4 diproduksi pada Eh tanah rendah, dapat mendifusi kedalam Eh tanah tinggi (lapisan tanah atas atau tanah sekitar akar) dan akan dioksidasi dengan cepat dalam kondisi redoks yang lebih tinggi (DeBont et al., 1978 diacu dalam Li, 2000). Dalam hal ini, DNDC menghitung laju oksidasi CH_4 sebagai fungsi dari konsentrasi CH_4 dan Eh tanah. DNDC juga melakukan pemodelan difusi CH_4 antara lapisan-lapisan tanah, tergantung pada gradien konsentrasi CH_4 , suhu, dan porositas tanah.

Tanaman menjadi perantara transportasi emisi CH_4 dari tanah ke atmosfer. DNDC memprediksi tanaman pembawa fluks CH_4 sebagai fungsi dari konsentrasi CH_4 dan aerenkima tanaman. Jika tanah tidak ditumbuhi, atau aerenkima tanaman tidak dapat dikembangkan dengan baik, pada saat inilah ebulisi berperan dalam emisi CH_4 (Nouchi et al., 1994 diacu dalam Li, 2000). Di dalam DNDC, diasumsikan bahwa ebulisi terjadi hanya di lapisan permukaan tanah. Laju ebulisi diatur oleh konsentrasi CH_4 , suhu, porositas tanah, dan aerenkima tanaman.

Persamaan yang menjelaskan pengaruh faktor lingkungan tanah dalam pembentukan NO, N_2O , CH_4 , dan NH_3 , diatur dalam tiga submodel (Li et al., 1996). Submodel fermentasi berisi semua persamaan yang berhubungan dengan CH_4 untuk menghitung produksi, oksidasi dan transpor CH_4 dalam kondisi tergenang. Submodel denitrifikasi memuat semua persamaan denitrifikasi untuk menghitung produksi, konsumsi, difusi N_2O dan NO selama hujan, irigasi atau

selama penggenangan. Submodel nitrifikasi yang berisi persamaan nitrifikasi, fungsi produksi dan penguapan NH_3 . Ketiga submodel ini menyusun komponen kedua dari model DNDC.

Input parameter-parameter didalam model DNDC berupa suhu tanah dan presipitasi harian, berat jenis tanah, tekstur dan pH tanah, kandungan C-organik, manajemen pengolahan sawah (jenis tanaman dan rotasi, cara pembajakan lahan, penyuburan lahan, pemupukan, tipe irigasi, penggenangan dan pemberantasan hama) akan menghasilkan output atau keluaran dari model berupa profil tanah harian seperti suhu, RH, Eh, pH dan konsentrasi dari total C-organik, nitrat, nitrit, amonium, urea, amonia, dan fluks harian CO_2 , NO, N_2O , CH_4 , dan NH_3 (Li et al., 1996 diacu dalam Li, 2000).

Beberapa gambaran hasil pemodelan dengan menggunakan DNDC:

- a) Peningkatan produktifitas padi secara signifikan akan meningkatkan fluks CH_4 meskipun mengurangi fluks CO_2 dan N_2O
- b) Peningkatan pemakaian jumlah pupuk, akan meningkatkan fluks CH_4 dan N_2O dan mengurangi fluks CO_2
- c) Peningkatan frekuensi drainase intermitten akan mengurangi fluks CH_4 namun meningkatkan fluks N_2O dan CO_2
- d) Penggantian penggunaan lahan dari padi sawah ke tanaman tipe dataran tinggi seperti gandum akan menurunkan fluks CH_4 dan juga fluks N_2O dan CO_2 .

Model DNDC berguna untuk memperkirakan emisi CH_4 dari sistem penanaman padi tunggal dalam satu tahun dan sistem rotasi tanaman padi-palowijo (jagung, sorgum). Hasil simulasi DNDC di bawah empat sistem tanam menunjukkan pola fluks CH_4 yang mirip dengan pengamatan dilapang sehubungan dengan rata-rata harian dan musiman. Begitupun penelitian Nisha dan Arif (2019) menunjukkan persamaan yang didapat $y = 0.9667x$ dengan besarnya $\text{IR}^2 = 0.93$ dimana total fluks gas CH_4 model sebagai variabel bebas, dapat memprediksi total fluks emisi CH_4 aktual sebagai variabel tak bebas, sehingga model DNDC dapat digunakan untuk menduga fluks gas CH_4 di lahan padi sawah dengan iklim tropis.

Manfaat model DNDC adalah menjadi alat pendekatan yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan manajemen pertanian dengan system multi-crop untuk mencapai target dari *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang dicanangkan PBB. Contoh untuk hal ini adalah simulasi untuk tanaman dengan sistem rotasi antara kapas, gandum dan jagung, di China Utara yang menghasilkan BMP (*best management practice*) dengan hasil produksi yang bertahan, kandungan bahan organik tanah meningkat 4 % emisi gas rumahkaca termitigasi meskipun masih tercatat kenaikan emisi gas N₂O sebanyak 5 % (Zhang et al., 2019).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan dalam satu musim tanam padi selama empat bulan yaitu dari bulan Oktober 2021 sampai Maret 2022. Lokasi penelitian dilaksanakan pada areal sawah petani di Kecamatan Rawa Jitu Utara Kabupaten Mesuji.

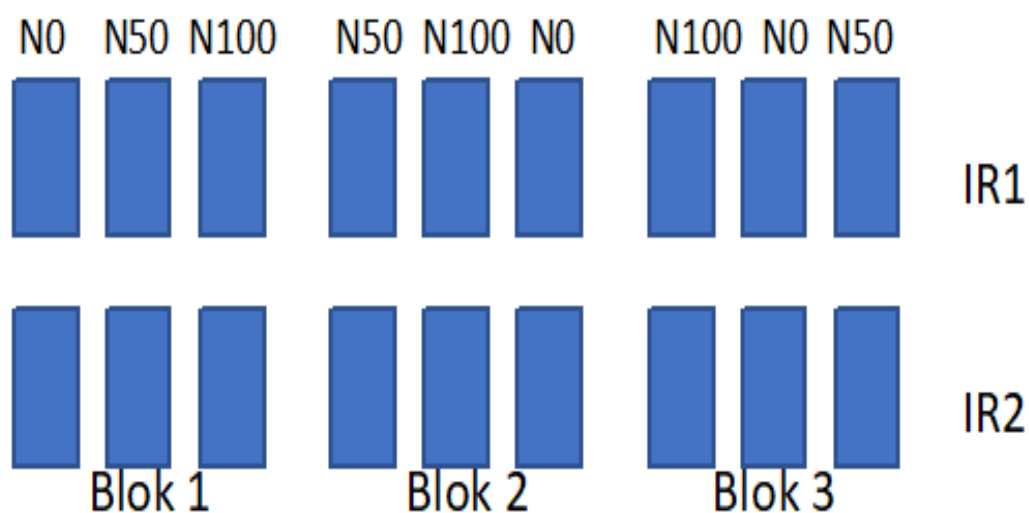
3.2. Alat dan bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian di lapang diantaranya: alat bor tanah untuk pengambilan sampel tanah, cangkul, mesin pompa (alkon), hand sprayer, timbangan digital, data logger, suntikan ukuran 20 ml, kipas pendingin, thermometer, tabung tube, ACU, penggaris, alat tulis dan alat pengambilan gas metana di lapangan (sungkup/chamber), sedangkan untuk simulasi model diperlukan seperangkat komputer dilengkapi perangkat lunak pemodelan *denitrification decomposition* (DNDC). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: data iklim yang bersumber dari BMKG, data hasil analisis sampel tanah, benih padi varietas Inpari 32, herbisida, pupuk urea, SP 36, dan KCL.

3.3. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dalam rancangan petak-berjalur (RPB) yang terdiri dari dua faktor yaitu skema irigasi (IR) dan pemupukan nitrogen (N) yang berbeda. Faktor skema irigasi diletakkan sebagai faktor utama terdiri dari 2 taraf yaitu; irigasi intermitten (IR1) dan irigasi tergenang (IR2), sedangkan pemupukan N diletakkan sebagai faktor kedua terdiri dari 3 faktor yaitu; 0 kg N/ha (N0), 50 kg N/ha (N50), dan 100 kg N/ha (N100),

masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data diolah dengan bantuan program statistik R dan dianalisis menggunakan sidik ragam, bila signifikan dilakukan uji lanjut dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5%. Tata letak percobaan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tata Letak Rancangan Percobaan

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan sistem komposit dengan menggunakan bor tanah. Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Politeknik Negeri Lampung.

3.4.2. Pengolahan Tanah

Sebelum dilakukan pengolahan tanah, lahan disemprot dengan herbisida jenis paraquat, setelah gulma mengering dan mati (sekitar 6 hari) dilakukan proses pengolahan tanah pertama dilakukan dengan pembajakan menggunakan bajak rotari. Setelah kurang lebih tiga minggu dilakukan pengolahan tanah kedua, tanah diratakan menggunakan bajak garu agar menjadi lumpur.

3.4.3. Pembuatan Petak Percobaan

Masing-masing blok dibagi menjadi 6 petak percobaan berukuran 2 x 4 meter dan dibuat pembatas berupa pematang. Pada masing-masing petak percobaan dibuat parit atau saluran air untuk memudahkan proses pengisian dan pengurangan air.

3.4.4. Pembibitan

Proses pembibitan dilakukan di lahan terpisah, meliputi pembuatan petak atau bedengan pembibitan, pengolahan lahan. Sebelum disemai benih dilakukan proses seleksi dengan merendam benih di larutan air garam dan dicuci dengan air yang mengalir untuk menghilangkan air garam yang menempel pada benih. Setelah itu, benih derendam selama 24 jam dan ditiriskan selama 24 jam. Setelah benih mulai berkecambah benih disemai dengan cara ditabur dilahan pembibitan. Dilakukan pemeliharaan bibit sampai umur 25 HSS dan siap untuk ditanam.

3.4.5. Penanaman

Proses penanaman dilakukan secara serempak dengan jarak tanam 25 x 25 cm, jumlah bibit yang ditanam dua bibit setiap lubang.

3.4.6. Pemupukan

Sumber pupuk nitrogen (N) yang digunakan dalam percobaan ini merupakan pupuk urea dengan kadar N sebesar 46%. Pemupukan dibagi dalam 2 kali aplikasi yaitu aplikasi ke-1 (50%) pada umur 10 – 15 HST dan aplikasi ke-2 (50%) pada umur 30 – 35 HST. Dosis pemupukan pada masing-masing petak dengan berbagai taraf perlakuan dilakukan dengan perhitungan dibawah ini.

$$\text{Dosis urea} \left(\frac{\text{gr}}{\text{petak}} \right) = \frac{100}{46} \times \text{taraf N} \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \times \frac{\text{luas petak m}^2}{10.000 \text{ m}^2} \times 1000 \text{ gr}$$

Sedangkan untuk jenis pupuk yang lain yaitu SP 36 dan KCL diberikan bersamaan pada saat pemupukan jenis pupuk urea.

3.4.7. Pengairan

Pada faktor perlakuan rezim air ada dua perlakuan yaitu skema irigasi intermitten (IR1) dan skema irigasi tergenang (IR2). Pada irigasi intermitten, dilakukan pengairan dengan kondisi intermitten atau terputus-putus selama fase pertumbuhan padi sampai menjelang panen. Sedangkan pada irigasi tergenang dilakukan penguapan selama fase pertumbuhan sampai menjelang panen. Perlakuan skema irigasi pada penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 2. Skema Irigasi Intermitten (IR1)

No	Pengaturan Air	Hari Setelah Tanam (hst)
1	Dikeringkan	0 – 3 hst
2	Diiri (tinggi air 0 – 2 cm)	4 – 13 hst
3	Dikeringkan	14 – 16 hst
4	Diiri (tinggi air 0 – 2 cm)	17 – 26 hst
5	Dikeringkan	27 – 29 hst
6	Diiri (tinggi air 0 – 2 cm)	30 – 39 hst
7	Dikeringkan	40 – 42 hst
8	Diiri (tinggi air 0 – 2 cm)	43 – 52 hst
9	Dikeringkan	53 – 55 hst
10	Diiri (tinggi air 0 – 2 cm)	56 – 65 hst
11	Dikeringkan	66 – 68 hst
12	Diiri (tinggi air 0 – 2 cm)	69 – 78 hst
13	Dikeringkan	79 – 81 hst
14	Diiri (tinggi air 0 – 2 cm)	82 – 91 hst
15	Dikeringkan Sampai Panen	92 – 105 * hst

Tabel 3. Skema Irigasi Tergenang (IR2)

No	Pengaturan Air	Hari Setelah Tanam (hst)
2	Diiri Tergenang (tinggi air 7-10 cm)	1 – 91 hst
3	Dikeringkan Sampai Panen	92 – 105 * hst

3.4.8. Pemeliharaan

Tindakan pemeliharaan diantaranya yaitu; penyulaman dilakukan 5-7 hari setelah tanam; pengendalian gulma dan juga pemantauan serta pengendalian hama dan penyakit jika serangannya sudah melebihi ambang ekonomi.

3.4.9. Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada saat kondisi isi gabah sudah mulai mengisi penuh atau mengeras dan warna sudah menguning, warna daun dan malai sudah kuning. Untuk varietas Inpari 32 umur sampai bisa di panen 105 HST.

3.5. Pengamatan

3.5.1. Sifat Tanaman

Pengamatan pada dilakukan pada masing-masing unit petak percobaan yang diambil 5 sampel tanaman. Adapun variabel-variabel sifat tanaman yang diamati diantaranya:

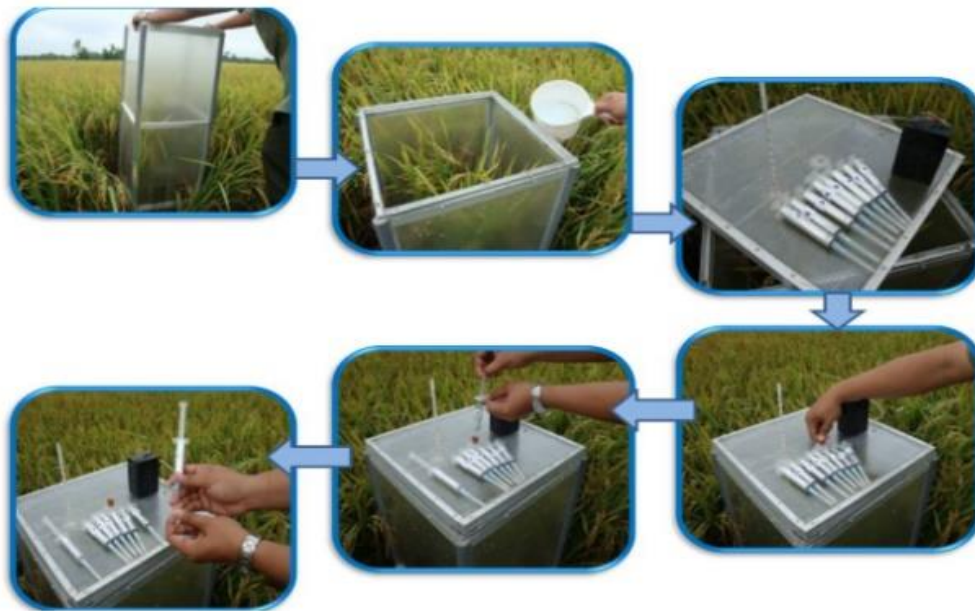
- a. Tinggi tanaman diukur dengan penggaris yaitu dari pangkal batang sampai ujung daun tertinggi.
- b. Jumlah anakan, menghitung secara manual jumlah batang padi dalam satu rumpun.
- c. Berat brangkasan menimbang seluruh bagian tanaman setelah dikeringkan.
- d. Berat gabah per rumpun (menimbang gabah setiap rumpun tanaman sampel dengan timbangan digital).
- e. Berat gabah per petak percobaan (menimbang gabah setiap unit percobaan dengan timbangan digital).

3.5.2. Emisi Gas CH₄

Pengambilan sampel gas dilakukan pada 2 fase pertumbuhan tanaman yang penting yaitu fase vegetatif (45 - 50 HST) dan fase generatif (75 - 80 HST) pada periode waktu pukul 12.00-14.00 WIB. Pengambilan gas CH₄ menggunakan alat penangkap gas yaitu sungkup static chamber yang terbuat dari bahan polikarbonat. Analisis gas CH₄ dilakukan di laboratorium Balai Penelitian Pertanian Rembang

dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Adapun pengambilan sampel gas CH₄ di lahan sawah adalah sebagai berikut:

1. Sungkup yang digunakan berukuran 50 cm x 50 cm x 105 cm.
2. Sungkup diatur pada posisi rata terjaga agar gas yang tertampung dalam sungkup tidak bocor.
3. Pada bagian penampang sungkup diisi dengan air agar tidak terjadi kebocoran gas.
4. Termometer dipasang pada lubang yang ada pada bagian tutup/atas sungkup, dan baterai (ACU) dihubungkan ke kipas angin.
5. Sebelum pengambilan sampel gas, penutup sungkup dibiarkan terbuka selama kurang lebih 2-3 menit untuk menstabilkan konsentrasi gas dalam sungkup.
6. Sungkup ditutup, penutup karet/septum pada tempat pengambilan sampel udara dibuka kurang lebih 2-3 menit agar konsentrasi udara dalam sungkup menjadi stabil.
7. Setelah 2-3 menit, tutup karet ditutup. Gas diambil dengan menggunakan jarum suntik yang dipasang pada posisi tegak lurus disuntikan pada karet septum tempat pengambilan contoh gas. Sampel gas CH₄ diambil pada interval waktu 5, 10, 15, dan 20. Jarum suntik ditutup dengan septum segera mungkin untuk menghindari kebocoran.
8. Sampel gas segera di bawa ke laboratorium untuk analisa konsentrasi gas CH₄- nya.



Gambar 5. Pengambilan gas metana (CH_4) di lahan sawah

3.6. Perhitungan Laju Fluks Emisi Gas CH_4

Peningkatan konsentrasi CH_4 (ppm/menit) ditentukan dari kemiringan kurva regresi konsentrasi CH_4 terhadap waktu (5, 10, 15 dan 20 menit). Emisi CH_4 , dinyatakan sebagai $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dihitung menggunakan persamaan berikut (IAEA 1992):

$$Emisi \text{ CH}_4 (E) = \frac{Slope (ppm \text{ m}^{-1}) \times 265.5 \times 16 \times 60 \times 24}{22.4 \times \left(\frac{273 + T}{273}\right) \times 0.25 \times 1000} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana 265.5 adalah volume boks/chamber (L), 16 adalah berat molekul gas CH_4 dalam kondisi standar, 60 adalah menit/jam, 24 adalah jumlah jam dalam satu hari, 22.4 adalah volume 1 mol gas dalam L pada suhu dan tekanan kondisi standar, 273 adalah suhu standar dalam $^{\circ}\text{K}$, T adalah temperatur rata-rata selama pengambilan sampel ($^{\circ}\text{C}$), 0.25 adalah luas yang ditempati boks/cumber (m^2) dan 1000 adalah mg^{-1}

3.7. Perhitungan Emisi Metan menggunakan model DNDC

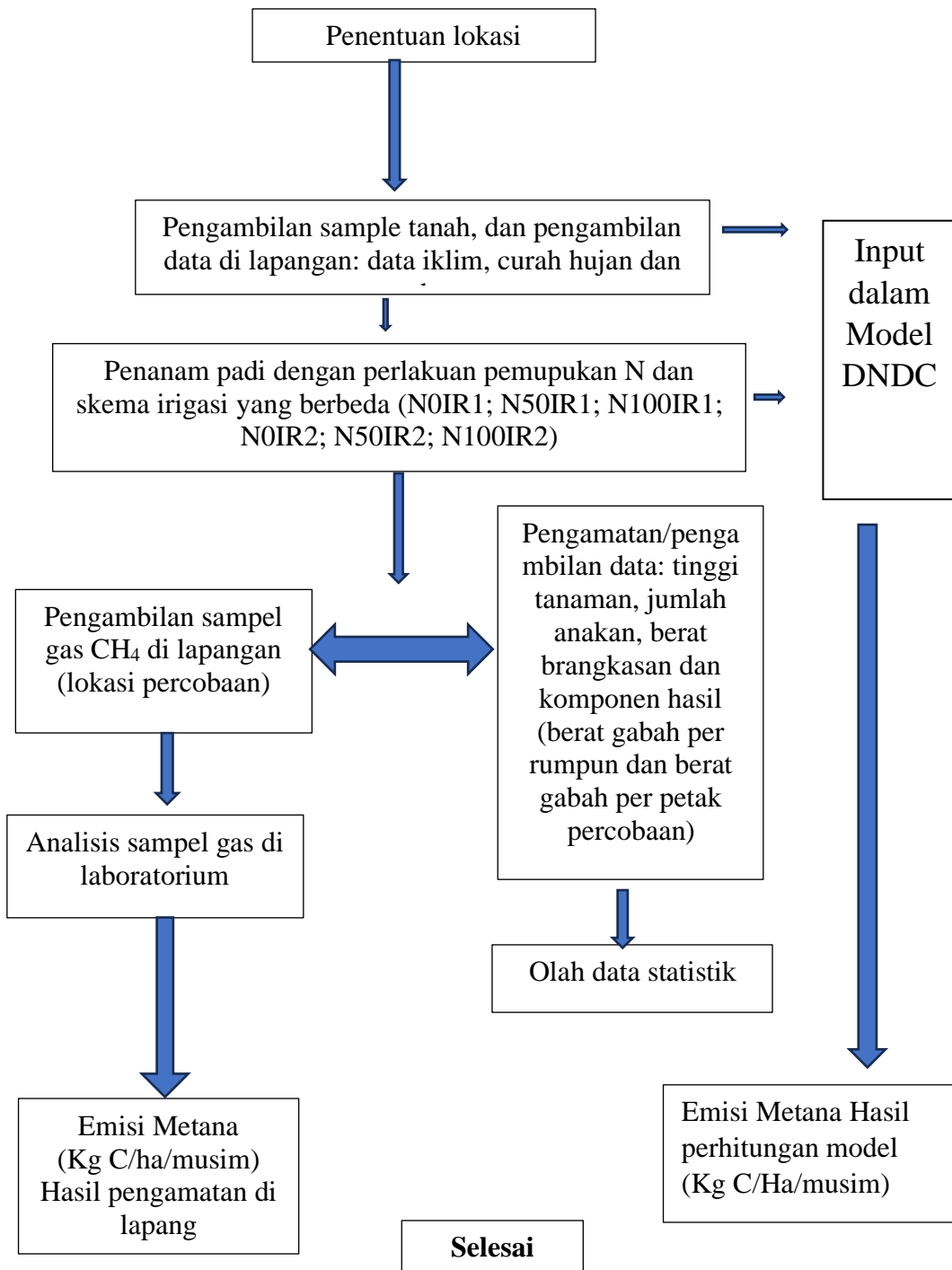
Penggunaan Model DNDC memerlukan beberapa parameter input. Data yang diinput berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa data yang diperoleh

saat pengamatan langsung selama penelitian seperti data tanaman, pengolahan tanah, pemupukan, dan irigasi. Data sekunder didapat dari berbagai sumber. Model DNDC memerlukan beberapa data input dalam proses runningnya.

Tabel 4. Parameter Input Model DNDC

No	Parameter input	Pengamatan
1.	Data lokasi : - Nama lokasi - Letak lintang	Sekunder
2.	Data iklim: - Curah hujan, suhu maksimum dan minimum (°C) - Konsentrasi N pada air hujan (mg N/liter) - Konsentrasi NH ₃ di atmosfer (µN/m ³) - Konsentrasi CO ₂ di atmosfer (ppm)	Primer (stasiun BMKG untuk wilayah Kab. Mesuji) Sekunder
3.	Data tanah: - Tekstur tanah - Densitas (g/m ³) - Latar belakang penggunaan tanah - <i>Soil organik carbon</i> (SOC) - pH tanah - NO ₃ ⁻ di permukaan tanah - NO ₃ ⁺ di permukaan tanah - Titik layu permanen - Kapasitas lapang	Primer/analisis tanah
4.	Data tanaman: - Jenis tanaman - Waktu tanam (bulan/tanggal)	Primer
5.	Pengolahan tanah: - Waktu pengolahan (bln.tgl) - Metode pengolahan (alat)	Primer
6.	Pemupukan kimia: - Waktu pemupukan (bln.tgl) - Metode pemupukan - Jenis pupuk - Jumlah pupuk (kg N/ha)	Primer
7.	Pemupukan alami: - Waktu pemupukan (bln.tgl) - Jenis pupuk - Jumlah pupuk (kg kandang/kompos/ha)	Primer
8.	Irigasi: - Waktu irigasi (bulan/tanggal) - Waktu penggenangan awal (bln/tanggal) - Waktu penggenangan akhir (bulan/tanggal) - Banyak air yang digunakan (cm)	Primer

3.8. Diagram Alir Penelitian



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Perlakuan irigasi intermitten menghasilkan bobot gabah per rumpun dan produksi gabah kering panen (GKP) lebih tinggi dibandingkan irigasi tergenang. Pemberian pupuk nitrogen dosis 100 kg N/ha dapat meningkatkan variabel tinggi tanaman, bobot gabah per rumpun, produksi gabah kering panen (GKP) dan berat brangkasan. Perlakuan terbaik dalam menunjang pertumbuhan jumlah anakan tanaman padi pada kombinasi perlakuan irigasi intermitten dengan dosis pemupukan 100 kg N/ha.
2. Perlakuan irigasi intermitten menghasilkan nilai fluks CH₄ lebih rendah dibandingkan perlakuan irigasi tergenang. Nilai fluks CH₄ paling rendah pada perlakuan irigasi intermitten saat fase generatif umur tanaman 90 HST sebesar 1,07 mg/m²/hari. Sedangkan nilai fluks CH₄ paling tinggi pada perlakuan irigasi tergenang saat fase vegetatif umur tanaman 65 HST mencapai 149,72 mg/m²/hari.
3. Pola Fluks CH₄ hasil pemodelan DNDC pada skema irigasi intermitten menghasil emisi gas CH₄ lebih rendah dibandingkan dengan irigasi tergenang, hasil ini cenderung sama dengan hasil perhitungan emisi CH₄ aktual di lapangan.

5.2. Saran

Dalam penggunaan model DNDC dibutuhkan data analisis kandungan kimia tanah yang lebih banyak atau detail agar hasil pemodelan lebih akurat. Interval waktu pengambilan sampel gas CH₄ di lapang sebaiknya lebih dari 5 menit, dan tidak hanya di pada tiga fase tanaman, serta sebelum ada tanaman sebaiknya dilakukan pengambilan sampel gas CH₄.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, R.L.A., Z. Basri, and U. Made. 2017. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Terhadap Kebutuhan Nitrogen Menggunakan Bagan Warna Daun. *J. Agrol.* 24(2): 119–127. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/AGROLAND/article/view/8782/6975>.
- Araus, V., J. Swift, J.M. Alvarez, A. Henry, and G.M. Coruzzi. 2020. A balancing act: How plants integrate nitrogen and water signals. *J. Exp. Bot.* 71(15): 4442–4451. doi: 10.1093/jxb/eraa054.
- Ariyani, N.I., D.E. Adriani, and G. Rusmayadi. 2020. Karakter Agronomi Dan Satuan Panas Padi Varietas Unggul Pada Berbagai Dosis Nitrogen Di Lahan Pasang Surut. *EnviroScientiae* 16(1): 95. doi: 10.20527/es.v16i1.9005.
- Aulakh MS., J Bodenbender., R Wassman dan H Rennenberg. 2000. Methane transport capacity of rice plant II. Di dalam: Wassman R, Lantin RS, Neue HU, editor. *Nutrien Cycling in Agroecosystems* 58. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 2000. hlm : 367-375
- Aulakh, M.S., R. Wassmann, and H. Rennenberg. 2001. Methane emissions from rice fields—quantification, mechanisms, role of management, and mitigation options. *Adv. Agron.* 70(C): 193–260. doi: 10.1016/S0065-2113(01)70006-5.
- Babu, Y.J., C. Li, S. Frohling, D.R. Nayak, and T.K. Adhya. 2006. Field validation of DNDC model for methane and nitrous oxide emissions from rice-based production systems of India. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 74(2): 157–174. doi: 10.1007/s10705-005-6111-5.
- Bodelier PLE, Roslev P, Henckel T, Frenzel P (2000) Stimulation by ammonium-based fertilizers of methane oxidation in soil around rice roots. *Nature*, 403, 421–424.
- Bodelier, P. L. (2011). Interactions between nitrogenous fertilizers and methane cycling in wetland and upland soils. *Current opinion in environmental sustainability*, 3(5), 379-388.
- BPS. 2021a. Kabupaten Mesuji Dalam Angka 2021. BPS Kabupaten Mesuji, Mesuji.

- BPS. 2021b. Provinsi Lampung Dalam Angka 2021. BPS Provinsi Lampung, Lampung.
- Conrad, R. 2002. Control of microbial methane production in wetland rice fields. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 64(1–2): 59–69. doi: 10.1023/A:1021178713988.
- Conrad, R. 2007. Microbial Ecology of Methanogens and Methanotrophs. *Adv. Agron.* 96(07): 1–63. doi: 10.1016/S0065-2113(07)96005-8.
- Damayanti, and D. Pentiana. 2013. Global Warming in the Perspective of Environmental Management Accounting (EMA). *J. Ilm.* 7(1): 1–14.
- Dannenberg, S., and R. Conrad. 1999. Effect of rice plants on methane production and rhizospheric metabolism in paddy soil. *Biogeochemistry* 45(1): 53–71. doi: 10.1023/A:1006085605184.
- Desvita, Y., E. Erwin, Y. Yanuar, and Z. Saam. 2019. Emisi Metan Sektor Pertanian Kampung Iklim Desa Mukti Jaya Kecamatan Rimba Melintang Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau. *J. Din. Lingkungan. Indones.* 6(1): 20. doi: 10.31258/dli.6.1.p.20-25.
- Dong HB, Yao ZS, Zheng XH et al. (2011) Effect of ammonium-based, non-sulfate fertilizers on CH₄ emissions from a paddy field with a typical Chinese water management regime. *Atmospheric Environment*, 45, 1095–1101
- Dubey, S.K. 2005. Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystem: A review. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 3(2): 1–27. doi: 10.15666/aeer/0302_001027.
- Ezward, C., S. Efendi, and J. Makmun. 2018. Pengaruh frekuensi irigasi terhadap pertumbuhan dan hasil padi (*Oryza sativa* L.). *J. Agroteknologi Univ. Andalas* 1(1): 17–24.
- Garcia, J.L. 1990. Taxonomy and ecology of methanogens. *FEMS Microbiol. Lett.* 87(3–4): 297–308. doi: 10.1016/0378-1097(90)90470-B.
- Giltrap, D.L., C. Li, and S. Saggarr. 2010. DNDC: A process-based model of greenhouse gas fluxes from agricultural soils. *Agric. Ecosyst. Environ.* 136(3–4): 292–300. doi: 10.1016/j.agee.2009.06.014.
- IPCC.1997. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, in: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC/OECD/IEA, vol. 3, 1–140, Bracknell, UK, available at: <http://www.ipcc-gip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>, <http://books.google.com/books?id=QM eiYgEACAAJ> (last access: 1 January 2017), 1997
- Johnson, J.M.F., A.J. Franzluebbers, S.L. Weyers, and D.C. Reicosky. 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environ. Pollut.* 150(1): 107–124. doi: 10.1016/j.envpol.2007.06.030.
- Kartikawati, R., dan D. Nursyamsi. 2013. Pengaruh Pengairan, Pemupukan, Dan Penghambat Nitrifikasi Terhadap Emisi Gas Rumah Kaca Di Lahan Sawah

- Tanah Mineral. *J. Ecolab* 7(2): 93–107. doi: 10.20886/jklh.2013.7.2.93-107.
- Kehutanan, K.L.H. 2020. Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV) 2019. Laporan
- Kludze, H.K., R.D. DeLaune, and W.H. Patrick. 1993. Aerenchyma Formation and Methane and Oxygen Exchange in Rice. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57(2): 386–391. doi: 10.2136/sssaj1993.03615995005700020017x.
- Leghari, S.J., N.A. Wahocho, G.M. Laghari, and A. Hafeez Laghari. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development : A review. *Adv. Environ. Biol.* 10(9): 209–218.
- Li, C. 1998. Modeling trace gas emissions from agricultural soils. [abstrak]. Di dalam: IRRI-UNDP Final Workshop; Beijing & Hangzhou, 10-13 August 1998. Beijing & Hangzhou: IRRI. hlm. 15. Abstr no 12.
- Li, C. 2000. Modeling trace gas emissions from agricultural ecosystems. Di dalam: Wassman R, Lantin RS, Neue HU, editor. *Nutrien Cycling in Agroecosystems*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. hlm 259-76.
- Li, C., Narayanan V dan Harris R. 1996. Models estimates of nitrous oxide emissions from agricultural lands in the United States. Di dalam *Global Biogeochem Cycles* 10. hlm: 297-306.
- Li, C dan Xiaoguang Qin. 2000. *User's Guide for the DNDC Model*. Beijing: Institut of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences.
- Lindau, C.W., W.H. Patrick, R.D. Delaune, and K.R. Reddy. 1990. Rate of accumulation and emission of N₂, N₂O and CH₄ from a flooded rice soil. *Plant Soil* 129(2): 269–276. doi: 10.1007/BF00032422.
- Mardiyah.A. 2021. Optimasi Pemupukan Urea dalam Peningkatan Produksi Padi Gogo Lokal Aceh Timur. *J. Penelit. Agrosamudra* 8(1): 41–48. doi: <http://dx.doi.org/10.33059/jupas.v8i1.3727>.
- Mulyadi, A. Wiharjaka, S.H. Mulya, I.J. Sasa, and S. Partohardjono. 2001. Penekanan Emisi dan Mitigasi Gas CH₄ melalui Teknik Budi Daya Padi Walik Jerami di Lahan Sawah Tadah Hujan. *J. Penelit. Pertan. Tanam. Pangan* 21(1): 33–38.
- Nisha, F.N., and C. Arif. 2019. Pengembangan Model Denitrification Decomposition (DNDC) Untuk Pendugaan Emisi Gas Metana (CH₄) Dari Lahan Padi Sawah. *J. Tek. Sipil dan Lingkung.* 4(1): 1–12. doi: 10.29244/jsil.4.1.1-12.
- Nouchi, I., and S. Mariko. 1993. Mechanism of Methane Transport by Rice Plants. *Biogeochem. Glob. Chang.*: 336–352. doi: 10.1007/978-1-4615-2812-8_18.
- Rahman, M. M., & Yamamoto, A. (2020). Methane cycling in paddy field: a global warming Issue. In *Agrometeorology* (p. 21). IntechOpen.
- Rahmat, A., C. Arif, and Y. Chadirin. 2019. Estimasi Gas Rumah Kaca pada

- Berbagai Macam Pengelolaan Air Menggunakan Model Denitrifikasi-Dekomposisi (DNDC). *J. Irig.* 13(1): 11. doi: 10.31028/ji.v13.i1.11-20.
- Rinauw, G. 1976. A Device To study Metabolic Gases In The Rice Rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.* 9: 193–196.
- Risqa, P., Z. Syarifah, and U. Purwanto. 2021. Optimasi Efisiensi Penggunaan Nitrogen Pada Gabah Sebagai Upaya Peningkatan Produksi Padi Hibrida. *Prosiding*: 110–116.
<http://www.jurnal.lppm.unsoed.ac.id/ojs/index.php/Prosiding/article/view/1740>.
- Saputra, I. 2016. Efek dosis pupuk nitrogen dan varietas terhadap efisiensi pemupukan, serapan hara N dan pertumbuhan padi lokal Aceh dataran rendah. *J. Penelit. Agrosamudra* 3(2): 61–71.
- Setiyawan, W. 2018. Emisi Gas Metana Varietas Padi Mutan Batan Yang Dibudidayakan Teknik Konvensional dan System of Rice Inteensification (SRI).
- Setyanto, P. 2004. Mitigasi Gas Metan Dari Lahan Sawah. *Tanah Sawah dan Teknol. Pengelolaannya*: 289–305.
- Singh, S.D., V. Kumar, and S. Misra. 2013. Growth and yield response of wheat and chickpea crops under high temperature. (May 2014): 6–14. doi: 10.1007/s40502-013-0002-6.
- Smakgahn, K., T. Fumoto, and K. Yagi. 2009. Validation of revised DNDC model for methane emissions from irrigated rice fields in Thailand and sensitivity analysis of key factors. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 114(2): 1–12. doi: 10.1029/2008JG000775.
- Suharyono, Nurfathiyah P, Wahyudi E. 2015. Faktor-faktor yang mempengaruhi percepatan adopsi inovasi teknologi PTT padi sawah di Kabupaten Sarolangun Jambi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi: Seri Sains*, vol.17(2): 09-17.
- Sun, B. F., Zhao, H., Lü, Y. Z., Lu, F., & Wang, X. K. (2016). The effects of nitrogen fertilizer application on methane and nitrous oxide emission/uptake in Chinese croplands. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(2), 440–450. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61063-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61063-2)
- Suwarto, Defiyanto Djami Adi, Iskandar Lubis, and Sugiyanta. 2021. Efisiensi Penggunaan Nitrogen pada Padi Gogo Varietas IPB 9G. *J. Agron. Indones.* (Indonesian *J. Agron.* 49(1): 23–28. doi: 10.24831/jai.v49i1.33626.
- Syakhril, Riyanto, and H. Arsyad. 2014. Pengaruh pupuk nitrogen terhadap penampilan dan produktivitas padi Inpari Sidenuk. *Agrifor* 13(1): 85–92.
- Syarifah, R.N.K., Z. Ulinuha, and P. Purwanto. 2022. Pengaruh pemupukan N terhadap serapan dan efisiensi penggunaan N, serta hasil padi hibrida. *J. Agro* 8(2): 262–273. doi: 10.15575/15084.
- Thauer RK, Kaster AK, Seedorf H, Buckel W, Hedderich R (2008) Methanogenic

archaea: ecologically relevant differences in energy conservation. *Nature Reviews Microbiology*, 6, 579–591.

- Warman, A., and U. Dani. 2016. Modifikasi Jarak Tanam Legowo dan Irigasi Berselang (Intermittent) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah (*Oryza Sativa L.*) Kultivar INPARI 30. *J. Agric. Sci. Vet.* 4(2): 247–259. <http://www.jurnal.unma.ac.id/index.php/AG/article/view/490/457>.
- Wassmann, R., and M.S. Aulakh. 2000. The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions. *Biol. Fertil. Soils* 31(1): 20–29. doi: 10.1007/s003740050619.
- Wassmann, R., H. Papen, and H. Rennenberg. 1993. Methane emission from rice paddies and possible mitigation strategies. *Chemosphere* 26(1–4): 201–217. doi: 10.1016/0045-6535(93)90422-2.
- Watanabe, I., & Roger, P. A. (1985). Ecology of flooded rice fields. *Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization*, 229–243.
- Wihardjaka, A. 2015. Mitigasi Emisi Gas Metana Melalui Pengelolaan Lahan Sawah. *J. Litbang Pertan.* 32(2): 95–104.
- Wihardjaka, A., and E.S. Harsanti. 2011. Potensi Produksi Gas Metana Dari Tanah Sawah Tadah Hujan Di Daerah Pantai Utara Bagian Timur Jawa Tengah. *Ecolab* 5(2): 68–78.
- Yao, H., and R. Conrad. 2001. Thermodynamics of propionate degradation in anoxic paddy soil from different rice-growing regions. *Soil Biol. Biochem.* 33(3): 359–364. doi: 10.1016/S0038-0717(00)00148-6.
- Yunianti, I.F., D.M.W. Paputri, R. Kartikawati, Yono, and A. Pramono. 2019. Emisi Metana (CH₄) Dari Budidaya Padi Selama Fase Generatif. *Prosiding Konser Karya Ilmiah Nasional. Fakultas Pertanian & Bisnis UKSW.* p. 294–299