

**EMISI GAS RUMAH KACA DARI TANAH DAN PADI: PENGARUH
JENIS TANAH, BAHAN ORGANIK, DAN REGIM
PEMBERIAN AIR**

**KAHARUDDIN
P013171016**



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**EMISI GAS RUMAH KACA DARI TANAH DAN PADI: PENGARUH
JENIS TANAH, BAHAN ORGANIK, DAN REGIM
PEMBERIAN AIR**

Disertasi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar doktor

Program Studi Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

**Kaharuddin
P013171016**

kepada

**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

DISERTASI

EMISI GAS RUMAH KACA DARI TANAH DAN PADI: PENGARUH JENIS
TANAH, BAHAN ORGANIK, DAN REGIM PEMBERIAN AIR

KAHARUDDIN
NIM P013171016

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Ilmu Pertanian
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin
pada tanggal 17 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Promotor

Prof. Dr. Ir. Sikstus Gusli, M.Sc.
NIP.195404061983021001

Ko-promotor

Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P.
NIP. 195909261986011001

Ko-promotor

Dr. Ir. Amirullah Dachlan, M.P.
NIP. 195608221986011001

Plt.Ketua Program Studi,

Prof. Baharuddin Hamzah ST., M.Arch., Ph.D.
NIP. 196903081995121001

Dekan Sekolah Pascasarjana,



Prof. M. Gudu, Ph.D., Sp.M(K), M.MedED
NIP.196612311995031009

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi berjudul “Emisi Gas Rumah Kaca Dari Tanah dan Padi: Pengaruh Jenis Tanah, Bahan Organik, dan Regim Pemberian Air” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. Sikstus Gusli, M.Sc. sebagai Promotor dan Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P. sebagai ko-promotor-1 serta Dr. Ir. Amirullah Dahlan, M.P. sebagai ko-promotor-2). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang 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 disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Jurnal (*Journal of Agriculture and Applied Biology*, Vol. 3, No.2, 128-136, dan DOI: 10.11594/jaab.03.02.06) sebagai artikel dengan judul “*Methane emission and rice growth on clayey soil under controlled water regime*”

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, Januari 2023



KAHARUDDIN

NIM P013171016

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga Disertasi yang berjudul Emisi gas rumah kaca dari tanah dan tanaman padi: pengaruh jenis tanah, bahan organik, dan regim pemberian air, bisa selesai atas bimbingan, diskusi dan arahan Prof. Dr. Ir. Sikstus Gusli, M.Sc. sebagai promotor, Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P, sebagai ko-promotor-1 dan Dr. Ir. Amirullah Dachlan, M.S. sebagai ko-promotor-2. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Pimpinan Universitas Hasanuddin dan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya selama menempuh program doktor, serta para dosen dan dosen penguji, yaitu: Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.Si., Dr. Ir. Burhanuddin Rasyid, M.Sc., Dr. Rismaneswaty, M.P., dan Dr. Asmita Ahmad, ST., M.P. atas masukan dan saran untuk penyempurnaan disertasi ini.

Saya mengucapkan banyak terima kasih Kepada Bapak Dr. Ir. Syaifuddin, M.P. (Direktur Politeknik Pembangunan Pertanian Gowa), yang memfasilitasi izin saya menempuh program doktor di Universitas Hasanuddin. Begitu juga kepada mahasiswa Sekolah Pascasarjana Ilmu Pertanian Angkatan 2017, atas kebersamaan dan dukungannya selama menempuh pendidikan di Sekolah Pascasarjana Unhas. Juga kepada Dosen/Staf Polbangtan Gowa (Dahlan, Faisal Hamzah, Sumang, Ramli, Ummu Aimanah, Fatmawati, Munira) dan Mahasiswa Polbangtan Gowa yang mendukung dan membantu saya selama melaksanakan pendidikan/penelitian.

Akhirnya, kepada Almarhum kedua orang tua saya, St. Marhuma Dg Caya dan Bokoi Dg Bella atas doa restu, dukungan dan motivasi beliau kepada saya sewaktu beliau masih hidup, untuk tidak berhenti menuntut ilmu. Secara khusus ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada isteri tercinta drh. Dini Marmansari, dan anak tercinta Iffah Rianika Asmanadiah atas segala kesabaran, pegertian dan dukungannya serta doa yang tulus sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.

Penulis,

Kaharuddin

ABSTRAK

KAHARUDDIN. Emisi Gas Rumah Kaca dari Tanah dan Tanaman Padi: Pengaruh Jenis Tanah, Bahan Organik, dan Regim Pemberian Air (dibimbing oleh Sikstus Gusli, Muh. Jayadi, dan Amirullah Dachlan).

Perubahan iklim berdampak sangat besar terhadap pertanian, khususnya budidaya padi, tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa budidaya padi yang dilakukan secara konvensional dengan pemupukan N yang tinggi merupakan sumber gas rumah kaca, khususnya CH_4 dan N_2O . Penelitian bertujuan untuk menganalisis: 1) Potensi ampas tebu dan blotong memperbaiki sifat tanah Vertisol. 2) Emisi CH_4 dan N_2O padi pada tanah setelah penambahan blotong, dan 3) Emisi CH_4 dan N_2O padi pada Vertisol setelah penambahan blotong dan ampas tebu. Percobaan terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian 1 disusun berdasarkan RAK dalam faktorial, faktor pertama adalah Tanah/kandungan liat terdiri dari 3 jenis, Alfisol-25, Inceptisol-15, dan Vertisol-63. Faktor kedua, Bahan Organik, yaitu: Tanpa Bahan Organik, Ampas Tebu dan Blotong, sehingga diperoleh 9 kombinasi dan diulang sebanyak 3 kali. Bagian 2 disusun berdasarkan RPPT, petak utama adalah regim air, yaitu: penggenangan terus menerus setinggi 2 cm dan pemberian air secara berselang. Anak petak adalah varietas, yaitu IR 64 dan Inpari 32. Anak-anak petak adalah jenis tanah/kandungan liat, yaitu Alfisol-25, Inceptisol-15, dan Vertisol-63, diperoleh 12 kombinasi perlakuan dengan 3 kali ulangan. Bagian 3, disusun berdasarkan RPPT, petak utama adalah varietas, yaitu: IR 64 dan Inpari 32. Anak petak adalah regim air: penggenangan terus menerus setinggi 2 cm dan pemberian air secara berselang, anak-anak petak adalah pemberian bahan organik: tanpa bahan organik, ampas tebu, dan blotong, diperoleh 12 kombinasi dan diulang sebanyak 3 kali. Kami mendapatkan bahwa ampas tebu yang masih berupa serat kasar dan mengandung lignin sangat baik digunakan untuk pembenah tanah karena memperlambat waktu terjadinya retakan dari 10,89 hari menjadi 12,11 hari, menurunkan indeks retakan dari 0,1717 menjadi 0,0774, menurunkan *coefficient of linear extensibility* (COLE) dari 0,1831 menjadi 0,1690, dan ampas tebu mengurangi terjadinya retakan. Begitu juga blotong dapat meningkatkan kadar air tanah dari 44,24 g 100g^{-1} menjadi 48,78 g 100g^{-1} . Kandungan liat tanah/jenis mineral mempunyai peranan besar terhadap emisi CH_4 dan N_2O . Emisi CH_4 tertinggi pada Inceptisol, yaitu 234,81 disusul Alfisol 108,81 dan terkecil Vertisol 34,30 kg ha^{-1} musim $^{-1}$. Penggenangan secara kontinyu menghasilkan emisi 178,06 lebih tinggi dibandingkan penggenangan berselang 73,88 kg ha^{-1} musim $^{-1}$, dan untuk varietas IR 64 memberikan emisi lebih besar, yaitu 126,96 dibandingkan Inpari 32 sebesar 124,99 kg ha^{-1} musim $^{-1}$. Sedangkan untuk emisi N_2O per musim tertinggi pada Alfisol dan terendah pada Vertisol 58,78 g ha^{-1} musim $^{-1}$. Aplikasi ampas tebu pada Vertisol menghasilkan emisi CH_4 per musim terbesar, yaitu 141,94 disusul blotong 127,19 dan terkecil tanpa bahan organik 88,16 kg ha^{-1} musim $^{-1}$. Penggenangan kontinyu menghasilkan emisi lebih tinggi yaitu 199,99 dibandingkan penggenangan berselang sebesar 38,20 kg ha^{-1} musim $^{-1}$, sedangkan untuk varietas IR 64 memberikan emisi lebih tinggi, yaitu 119,44 dibandingkan Inpari 32 sebesar 118,75 kg ha^{-1} musim $^{-1}$. Untuk emisi N_2O lebih banyak dihasilkan pada blotong, yaitu 94,54 g ha^{-1} musim $^{-1}$ disusul tanpa bahan organik 86,59 g ha^{-1} musim $^{-1}$ dan ampas tebu 84,55 kg ha^{-1} musim $^{-1}$.

Kata Kunci: Vertisol, ampas tebu, blotong, CH_4 , N_2O , siklus basah kering

ABSTRACT

KAHARUDDIN. Greenhouse Gas Emission From Soil And Rice: Effect Of Soil Type, Organic Matter, And Water Supply Regimes (supervised by Sikstus Gusli, Muh. Jayadi, and Amirullah Dachlan).

Climate change has a high impact on agriculture, especially rice cultivation, but it cannot be denied that conventional rice cultivation with high N fertilization is a source of greenhouse gases, especially CH₄ and N₂O. The study aimed to analyze: 1) The potential of bagasse and filter cake to improve Vertisol soil qualities. 2) CH₄ and N₂O emissions from rice and soil after adding filter cake, and 3) CH₄ and N₂O emissions from rice and Vertisol after adding bagasse and filter cake. The experiment consisted of three parts, namely part 1 was arranged based on RBD in factorial, and the first factor was Soil/clay content consisting of 3 types, Alfisol-25, Inceptisol-15, and Vertisol-63. Second, organic matter, namely: without organic matter, bagasse, and filter cake, so that 9 combinations are obtained and repeated 3 times. Part 2 was arranged based on the SSPD, the main plot is the water regime, namely: continuous inundation for 2 cm and intermittent. Subplots were varieties, namely IR 64 and Inpari 32. Sub-subplots were soil types/clay content, namely Alfisol-25, Inceptisol-15, and Vertisol-63, resulting in 12 treatment combinations with 3 replications. Part 3 was arranged base on SSPD, main plots are varieties, namely: IR 64 and Inpari 32. Subplots are water regime: continuous inundation as high as 2 cm and intermittent, subplots are organic matter added: without organic matter, bagasse, and filter cake, 12 combinations were obtained and repeated 3 times. We found that bagasse, which is still in the form of coarse fiber and contains lignin, is very good for use as a soil enhancer because it reducing the cracking time from 10.89 days to 12.11 days, reduces the crack index from 0.1717 to 0.0774, reduces the coefficient of linear extensibility (COLE) from 0.1831 to 0.1690, and bagasse reduced the occurrence of cracks. Likewise, filter cake can increase soil water content from 44.24 g 100g⁻¹ to 48.78 g 100g⁻¹. The highest CH₄ emissions per season produced in filter cake application were Inceptisol, which was 234.81, followed by Alfisol 108.81 and Vertisol 34.30 kg ha⁻¹ season⁻¹. Flooding produced 178.06 higher emissions than intermittent wetting of 73.88 kg ha⁻¹ season⁻¹, and the IR 64 variety gave higher emissions, namely 126.96 compared to Inpari 32 of 124.99 kg ha⁻¹ season⁻¹. Meanwhile, the highest N₂O emission per season was in Alfisol and the lowest was in Vertisol 58.78 g ha⁻¹ season⁻¹. Application of bagasse and filter cake on Vertisol, CH₄ emission per season was mostly produced on bagasse, namely 141.94 followed by filter cake 127.19 and without organic matter 88.16 g ha⁻¹ season⁻¹. Flooding resulted in higher emissions of 199.99 compared to intermittent of 38.20 kg ha⁻¹ season⁻¹, while the IR 64 variety gave higher emissions, namely 119.44 compared to Inpari 32 of 118.75 g ha⁻¹ season⁻¹. More N₂O emissions were produced in the bagasse, which was 94.54 g ha⁻¹ season⁻¹, followed by without organic matter 86.59 g ha⁻¹ season⁻¹ and bagasse 84.55 kg ha⁻¹ season⁻¹.

Key words: Vertisol, bagasse, filter cake, CH₄, N₂O, wet dry cycle

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	4
BAB II. KARAKTERISTIK KERETAKAN TANAH HUBUNGANNYA DENGAN PEMBERIAN BAHAN ORGANIK DAN PENGGENANGAN BERSELANG	5
2.1 Abstrak	5
2.2 Pendahuluan	5
2.3 Metode Penelitian.....	8
2.4 Hasil dan Pembahasan	11
2.5 Kesimpulan	19
2.6 Daftar Pustaka.....	20
BAB III. EMISI GRK, PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI PADI PADA BEBERAPA JENIS TANAH DENGAN REGIM AIR YANG BERBEDA	24
3.1 Abstrak	24
3.2 Pendahuluan	25
3.3 Metode Penelitian.....	27
3.4 Hasil dan Pembahasan	30

3.5 Kesimpulan	48
3.6 Daftar Pustaka.....	49
BAB IV. EMISI GRK TANAH VERTISOL DAN TANAMAN PADI AKIBAT PEMBERIAN BAHAN ORGANIK PADA REGIM AIR YANG BERBEDA	53
4.1 Abstrak	53
4.2 Pendahuluan	54
4.3 Metode Penelitian	56
4.4 Hasil dan Pembahasan	59
4.5 Kesimpulan	78
4.6 Daftar Pustaka	78
BAB V. PEMBAHASAN UMUM	84
BAB VI. KESIMPULAN UMUM	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Nomor urut		Halaman
2.1	Kandungan partikel pasir, debu, dan liat, serta kelas tekstur beberapa jenis tanah yang digunakan dalam penelitian	9

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut		Halaman
2.1	Lokasi pengambilan tanah: (A) Alfisol di lahan praktik Polbangan Gowa (5°13'12.84" LS dan 119°30'34.82" BT, elevasi 19 m di atas permukaan laut, (B) Inceptisol di Kecamatan Bontomarannu Kabupaten Gowa (5°14'17.70" LS dan 119°29'33.65" BT, elevasi 15 m dpl, dan (C) Vertisol dari Kecamatan Bangkala Barat Kabupaten Jeneponto (5°31'10.39" LS dan 119°32'40.99" BT, elevasi 35 m dpl).....	8
2.2	Limbah pabrik gula yang digunakan dalam penelitian: (A) ampas tebu berbentuk serat kasar (campuran antara empulur tebu dan kulit tebu, rata-rata panjang potongan sekitar 5 cm, hasil proses awal pengolahan tebu menjadi gula pasir); dan (B) blotong (tekstur yang lebih lembut, berwarna kecoklatan, hasil penyaringan dari proses pemurnian larutan gula).....	10
2.3	Pengaruh jenis tanah/kandungan liat, dan bahan organik (BO) terhadap waktu terjadi retakan. Angka di belakang jenis tanah adalah persentase liat. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT dan <i>I</i> adalah standar error dari rata-rata.	12
2.4	Pengaruh jenis tanah/kandungan liat dan bahan organik (BO) terhadap kadar air tanah. Angka di belakang jenis tanah adalah persentase liat. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT dan <i>I</i> adalah standar error dari rata-rata.....	13
2.5	Pengaruh jenis tanah/kandungan liat dan bahan organik (BO) terhadap indeks retakan. Angka di belakang jenis tanah adalah persentase liat. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT dan <i>I</i> adalah standar error dari rata-rata.	14
2.6	Pengaruh jenis tanah/kandungan liat dan bahan organik (BO) terhadap nilai <i>COLE</i> . Angka di belakang jenis tanah adalah persentase liat. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT dan <i>I</i> adalah standar error dari rata-rata.....	15
2.7	Pola retakan yang terbentuk berdasarkan jenis tanah/kandungan liat dan penambahan bahan organik	

	(BO) berupa ampas tebu dan blotong. Angka di belakang jenis tanah adalah persentase liat.....	17
2.8	Emisi CH ₄ dan N ₂ O selama 1 musim tanam padi dihubungkan dengan bahan organik (a); dan indeks keretakan (b). AT = ampas tebu; B = blotong; TBO = tanpa bahan organik; I adalah standar error dari rata-rata.	17
2.9	Emisi CH ₄ dan N ₂ O selama 1 musim tanam padi dihubungkan dengan kandungan liat (a); dan indeks keretakan (b). I = Inceptisol; A = Alfisol; V = Vertisol; dan I adalah standar error dari rata-rata.	19
3.1	Fluks CH ₄ tanaman padi: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat 15 g 100g ⁻¹ , Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat 25 g 100g ⁻¹ , dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat 63 g 100g ⁻¹ ; dan I adalah standar error dari rata-rata	31
3.2	Fluks N ₂ O dari tanah pada lahan tanaman padi: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat 15 g 100g ⁻¹ , Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat 25 g 100g ⁻¹ , dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat 63 g 100g ⁻¹ ; dan I adalah standar error dari rata-rata.....	32
3.3	Fluks CH ₄ dan potensial oksidasi reduksi: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat 15 g 100g ⁻¹ , Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat 25 g 100g ⁻¹ , dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat 63 g 100g ⁻¹ ; dan I adalah standar error dari rata-rata.....	34
3.4	Fluks N ₂ O dan potensial oksidasi reduksi (POR): a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat 15 g 100g ⁻¹ , Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat 25 g 100g ⁻¹ , dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat 63 g 100g ⁻¹ ; dan I adalah standar error dari rata-rata.....	35

- 3.5 Fluks CH_4 dan kelimpahan mikroba pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat $15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat $25 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat $63 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$; dan I adalah standar error dari rata-rata..... 37
- 3.6 Fluks N_2O dan kelimpahan mikroba pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat $15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat $25 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat $63 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$; dan I adalah standar error dari rata-rata..... 38
- 3.7 Total emisi CH_4 dan volume akar pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat $15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat $25 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat $63 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$; dan I adalah standar error dari rata-rata 40
- 3.8 Fluks CH_4 dan tinggi tanaman pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat $15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat $25 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat $63 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$; dan I adalah standar error dari rata-rata. 42
- 3.9 Fluks CH_4 dan jumlah anakan pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat $15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat $25 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat $63 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$; dan I adalah standar error dari rata-rata 43
- 3.10 Total emisi CH_4 dan jumlah anakan produktif pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan

	penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat 15 g 100g ⁻¹ , Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat 25 g 100g ⁻¹ , dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat 63 g 100g ⁻¹ ; dan I adalah standar error dari rata-rata	44
3.11	Total emisi CH ₄ dengan berat biomassa pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat 15 g 100g ⁻¹ , Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat 25 g 100g ⁻¹ , dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat 63 g 100g ⁻¹ ; dan I adalah standar error dari rata-rata.....	46
3.12	Total emisi CH ₄ dan produksi pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; Inceptisol-15 = sampel Inceptisol dengan kandungan liat 15 g 100g ⁻¹ , Alfisol-25 = sampel Alfisol dengan kandungan liat 25 g 100g ⁻¹ , dan Vertisol-63 = sampel Vertisol dengan kandungan liat 63 g 100g ⁻¹ ; dan I adalah standar error dari rata-rata	47
4.1	Fluks CH ₄ tanaman padi: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata.	60
4.2	Fluks N ₂ O dari tanah pada lahan tanaman padi: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata.	62
4.3	Fluks CH ₄ dan potensial oksidasi reduksi: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan penggenangan berselang; BO = bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	64
4.4	Fluks N ₂ O dan potensial oksidasi reduksi: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan	

	penggenangan berselang; BO = bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	64
4.5	Fluks CH ₄ dan kelimpahan mikroba: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	66
4.6	Fluks N ₂ O dan kelimpahan mikroba: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	67
4.7	Total emisi CH ₄ dan volume akar pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	69
4.8	Fluks CH ₄ dan tinggi tanaman: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	71
4.9	Fluks CH ₄ dan jumlah anakan pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	73
4.10	Total emisi CH ₄ dan jumlah anakan produktif pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata.....	74
4.11	Total emisi CH ₄ dan berat biomassa pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata.....	75

4.12	Total emisi CH ₄ dan produksi pada: a) IR 64 dengan penggenangan kontinyu, b) IR 64 dengan penggenangan berselang, c) Inpari 32 dengan penggenangan kontinyu, dan d) Inpari 32 dengan kondisi penggenangan berselang; Tanpa BO = tanpa bahan organik; dan I adalah standar error dari rata-rata	77
------	--	----

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut		Halaman
1	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam waktu terjadi retakan.....	93
2	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam kadar air pada saat terjadi retakan.....	94
3	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam indeks retakan	95
4	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam nilai COLE	96
5	Layout percobaan 2	97
6	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi CH ₄ pada 30 HST	98
7	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi CH ₄ pada 60 HST	99
8	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi CH ₄ pada 90 HST	100
9	Data hasil perhitungan dan analisis sidik ragam total emisi CH ₄ per musim.....	101
10	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi N ₂ O pada 30 HST	102
11	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi N ₂ O pada 60 HST	103
12	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi N ₂ O pada 90 HST	104
13	Data hasil perhitungan dan analisis sidik ragam total emisi N ₂ O per musim	105
14	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam potensial oksidasi reduksi pada 30 HST	106
15	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam kelimpahan mikroba pada 60 HST	107
16	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam kelimpahan mikroba pada 90 HST	108

17	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam kelimpahan mikroba pada 60 HST	109
18	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam kelimpahan mikroba pada 90 HST	110
19	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam volume akar	111
20	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam tinggi tanaman pada 30 HST	112
21	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam tinggi tanaman pada 60 HST	113
22	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam jumlah anakan pada 30 HST	114
23	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam jumlah anakan pada 60 HST	115
24	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam Anakan Produktif	116
25	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam Biomassa tanaman	117
26	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam produksi gabah kering (KA 12%)	118
27	<i>Layout</i> percobaan 3.....	119
28	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi CH ₄ pada 30 HST	120
29	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi CH ₄ pada 60 HST	121
30	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi CH ₄ pada 90 HST	122
31	Data hasil perhitungan dan analisis sidik ragam total emisi CH ₄ per musim	123
32	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi N ₂ O pada 30 HST	124
33	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi N ₂ O pada 60 HST	125
34	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam emisi N ₂ O pada 90 HST	126

35	Data hasil perhitungan dan analisis sidik ragam total emisi N ₂ O per musim.....	127
36	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam potensial oksidasi reduksi pada 30 HST	128
37	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam potensial oksidasi reduksi pada 60 HST	129
38	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam potensial oksidasi reduksi pada 90 HST	130
39	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam kelimpahan mikroba pada 60 HST	131
40	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam kelimpahan mikroba pada 90 HST	132
41	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam volume akar.....	133
42	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam tinggi tanaman pada 30 HST	134
43	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam tinggi tanaman pada 60 HST	135
44	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam jumlah anakan pada 30 HST	136
45	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam jumlah anakan pada 60 HST	137
46	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam jumlah anakan produktif.....	138
47	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam biomassa tanaman	139
48	Data hasil pengamatan dan analisis sidik ragam produksi gabah kering (KA 12%)	140
49	Data hasil analisis sampel tanah yang digunakan dalam penelitian	141
50	Peralatan pengambilan gas rumah kaca	142

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim merupakan persoalan global yang nyata dan cenderung semakin serius dan dampaknya sangat besar, ditandai dengan peningkatan variasi cuaca, yaitu suhu, curah hujan, dan angin (Palmer & Stevens, 2019; Prasetyo, 2021). Adanya fluktuasi suhu yang lebih besar, perubahan pola presipitasi yang mengakibatkan berkurangnya ketersediaan air dan berpengaruh terhadap jumlah produksi komoditas pertanian dan pendapatan bahkan menyebabkan kemiskinan (Ali & Erenstein, 2017).

Pengaruh perubahan iklim pada sektor pertanian bersifat multidimensi, seperti sumberdaya, infrastruktur pertanian, dan sistem produksi pertanian, aspek ketahanan dan kemandirian pangan, serta kesejahteraan petani pada umumnya (Rejekiingrum et al, 2011). Pengaruh perubahan iklim tersebut dibedakan atas dua indikator, yaitu: 1) kerentanan terhadap perubahan iklim, yang berarti kondisi yang mengurangi kemampuan (manusia, tanaman, dan ternak) beradaptasi dan menjalankan fungsinya (fisiologi/biologis, perkembangan/fenologi, produksi dan reproduksi) secara wajar akibat cekaman perubahan iklim (Efendi et al., 2012), dan 2) dampak perubahan iklim, yaitu gangguan atau kondisi kerugian dan keuntungan baik secara fisik, maupun sosial dan ekonomi yang disebabkan oleh cekaman perubahan iklim.

Walaupun perubahan iklim dampaknya sangat besar terhadap pertanian, tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa bidang pertanian, juga merupakan kontributor utama terhadap pemanasan global. Pertanian dan perubahan penggunaan lahan menyumbang 71% GRK (Crippa, 2021). Di negara-negara berkembang emisi N₂O mengalami trend yang positif karena kegiatan pertanian (Liu, 2019). Di Indonesia, pada tahun 2018 sektor kehutanan dan kebakaran gambut memberikan kontribusi tertinggi sebesar 723.510 Gg CO_{2e} (44,19%), dan berturut-turut disusul oleh sektor energi 595.665 Gg CO_{2e} (36,38%), pertanian 131.642 Gg CO_{2e} (8,04%), limbah 127.077 Gg CO_{2e} (7,76%), dan proses industri dan penggunaan produk sebesar 59.262 Gg CO_{2e} (3,62%) (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019).

Pada tahun 2018, tiga GRK utama (CO₂, CH₄, dan N₂O) di sektor pertanian (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019) berasal dari berbagai aspek, tetapi sebagian besar berasal dari kegiatan budidaya padi sawah (32,27%),

emisi N₂O langsung dari tanah yang dikelola (28,95%) dan fermentasi enterik ternak (13,88%). Beberapa aspek di bidang pertanian dijadikan sebagai sumber emisi kunci GRK, yaitu: budidaya padi sawah (Supriyo et al., 2020), N₂O langsung dari tanah yang dikelola (Sasmita et al., 2021), fermentasi enterik (Montoya-Flores, 2020), N₂O langsung dari pengelolaan kotoran ternak (Syarifuddin et al, 2019), aplikasi pupuk urea (Susilawati et al., 2021), dan pembakaran biomassa yang memberikan sumbangan besar emisi GRK (Rahmadania, 2022).

Metana dan nitrous oksida adalah dua GRK yang memunyai potensi pemanasan global yang kuat, yaitu masing-masing 25 dan 298 kali lebih besar dari karbon dioksida pada basis massa 100 tahun (IPCC, 2013). Lipper (2014) menguraikan bahwa emisi GRK dari bidang pertanian, umumnya berasal dari lahan pertanian, yaitu dari penggunaan pupuk sintetis, budidaya padi, dan pembakaran biomassa, dan emisi GRK ini diperkirakan terus meningkat jika kegiatan budidaya pertanian masih dikelola secara konvensional. Khususnya di Indonesia, pada tahun 2010 sektor pertanian menempati posisi ketiga sebagai kontributor GRK dengan jumlah 110,5 Mt (Kartikawati and Sopiawati, 2017).

Salah satu praktik pertanian konvensional yang dipahami sebagai sumber emisi GRK yang besar adalah budidaya tanaman padi dengan sistem pemberian air dengan cara penggenangan, mulai dari penanaman sampai mendekati usia panen. Budidaya padi dengan sistem penggenangan secara terus menerus menghasilkan emisi GRK yang tinggi (Setyanto et al., 2018). Padi dengan sistem penggenangan mengeluarkan CH₄ dan N₂O secara bersamaan ke atmosfer, sebagai pengaruh dari interaksi antara tanah pada rizosfer padi dan atmosfer, terutama pada tanah sawah dengan pemupukan N yang tinggi (Wu et al., 2015; Yao et al., 2017). Praktik pertanian seperti ini berjalan terus, bahkan untuk menjaga ketahanan pangan khususnya padi dilakukan pencetakan sawah baru dengan target 6.000 ha pada tahun 2019 (Kementerian Pertanian, 2019), mengingat kebutuhan beras bertambah seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Itu berarti bahwa dengan bertambahnya lahan budidaya padi, maka emisi GRK semakin bertambah, sehingga harus ada usaha untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.

Beberapa strategi adaptasi perubahan iklim telah dilakukan, seperti melalui pengelolaan air berupa pengairan berselang (*intermittent*) melalui penerapan *Alternate Wet and Drying (AWD)* di tingkat pertanaman, sehingga mampu menekan emisi GRK tanpa mengurangi hasil panen (Setyanto et al., 2018). Selain

strategi penggunaan air dalam menurunkan emisi GRK, inovasi lain yang dilakukan adalah penggunaan varietas unggul baru sebagai strategi adaptasi terhadap perubahan iklim. Beberapa varietas padi selain toleran terhadap cekaman lingkungan, juga menghasilkan emisi GRK yang tidak terlalu tinggi, bahkan ada varietas padi yang menghasilkan GRK yang rendah, seperti IR 64 dengan emisi CH_4 sebesar $37.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ musim}^{-1}$ (Paputri et al., 2018). Aplikasi biochar sebagai pelapis urea pada pertanaman padi juga telah dilakukan dan terbukti mampu menurunkan emisi CH_4 dan N_2O sampai 27% (Sun et al., 2018). Dari berbagai inovasi teknologi yang sudah ada, maka dibutuhkan cara/teknik produksi padi yang dapat menekan emisi CH_4 dan N_2O yang dapat dengan mudah dipraktikkan oleh petani.

Cara lain yang dianggap dapat memitigasi emisi GRK yaitu dengan mengurangi penggunaan pupuk sintetis dan digantikan dengan bahan organik. Banyak sumber bahan organik yang bisa digunakan tetapi yang penting adalah bahan organik tersebut tersedia dalam jumlah yang banyak. Ampas tebu dan blotong di areal pabrik gula dibuang begitu saja dan hanya menjadi limbah dan . Ampas tebu dan blotong dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Saranraj & Stella, 2014; Janke et al., 2015; Speratti et al., 2017), khususnya tanah-tanah berliat tinggi seperti Vertisol yang mengalami kendala fisik mengembang dan mengerut dan merusak tanaman bila dijadikan sebagai lahan budidaya tanaman, sehingga dibutuhkan kandungan air yang terjaga untuk mengatasi kendala tersebut (Sholihah et al., 2016; Utomo, 2016) dibutuhkan pengaturan air seperti SRI (Cepy & Wangiyana, 2017).

Berdasarkan uraian di atas, kami meneliti pengaruh kumulatif dari jenis tanah (kandungan liat), bahan organik, dan regim pemberian air terhadap emisi GRK. Penelitian ini terdiri dari tiga bagian, yaitu: 1) Karakteristik keretakan tanah hubungannya dengan pemberian bahan organik dan penggenangan berselang. 2) Emisi GRK, pertumbuhan dan produksi padi pada beberapa jenis tanah dengan regim air yang berbeda, dan 3) Emisi GRK Vertisol dan padi akibat pemberian bahan organik pada regim air yang berbeda

1.2 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian kami adalah:

- 1) Ampas tebu yang masih berbentuk serat berpotensi mengurangi tegangan tarik tanah, sehingga retakan yang terjadi dapat dikurangi. Bagaimana potensi ampas tebu dan blotong memperbaiki sifat tanah Vertisol, khususnya berkaitan dengan retakan yang diduga berhubungan dengan emisi GRK?
- 2) Blotong merupakan bahan organik yang berpotensi mengurangi tingkat retakan tanah, dan sebagian besar sudah mengalami dekomposisi. Seberapa besar emisi CH_4 dan N_2O yang dihasilkan pada padi dan tanah, jika blotong diinduksi ke dalam tanah?
- 3) Ampas tebu dan blotong berpotensi mengurangi sifat mengembang dan mengerut Vertisol. Seberapa besar emisi CH_4 dan N_2O padi dan Vertisol jika ampas tebu dan blotong diinduksi ke dalam tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menganalisis:

- 1) Potensi ampas tebu dan blotong mengurangi retakan pada tanah yang diduga berhubungan dengan emisi GRK jika tanah ini disawahkan.
- 2) Emisi CH_4 dan N_2O padi dan tanah jika blotong diinduksi ke dalam tanah.
- 3) Emisi CH_4 dan N_2O padi dan Vertisol setelah ampas tebu dan blotong diinduksi ke dalam tanah.

1.4 Kebaruan (Novelty)

Ampas tebu dan blotong berpotensi mengurangi retakan pada tanah, terutama Vertisol, jika diinduksi ke dalam tanah, tingkat retakan tanah akan berkurang karena ampas tebu yang masih berbentuk serat kasar berfungsi sebagai jaring/tulang yang dapat mengurangi tegangan tarik tanah, sehingga tingkat keretakan tanah akan berkurang. Di sisi lain, ampas tebu dan blotong menghasilkan gas rumah kaca (khususnya CH_4 dan N_2O) pada kondisi tanah tergenang. Perimbangan antara keduanya merupakan hal yang menarik untuk diteliti.