

Strategi Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca pada Budidaya Padi di Indonesia

Audya Nurul Fathia, Adi Hadianto, Fitria Dewi Raswatie

Department of Resource and Environmental Economics, Faculty of Economics and Management, IPB University, Indonesia

*Correspondence to: audya.fathia@gmail.com

Abstrak: Kegiatan budidaya padi merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca (GRK) yang paling signifikan dalam bentuk gas metana. Meningkatnya konsentrasi GRK menyebabkan terjadinya perubahan iklim yang dipicu oleh peningkatan suhu permukaan laut. Oleh karena itu, diperlukan upaya mengurangi emisi GRK dari kegiatan budidaya padi yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi GRK dari aktivitas pertanian budidaya padi dengan tetap mempertimbangkan tingkat produktivitasnya. Untuk menjawab tujuan penelitian, digunakan pendekatan studi literatur dan jenis data sekunder. Hasil analisis menunjukkan bahwa teknik budidaya ramah lingkungan adalah hal penting untuk mengurangi tingkat emisi dari aktivitas budidaya padi yang dilakukan. Upaya tersebut antara lain penggunaan varietas padi rendah emisi, pengaturan air, penggunaan teknologi irigasi berselang, teknik *Alternate Wetting and Drying*, pemilihan musim tanam, pemilihan teknik budidaya ramah lingkungan, serta penggunaan pupuk dan bahan organik dengan bijak. Upaya-upaya tersebut menjadi alternatif solusi untuk dapat dilakukan karena petani mampu beradaptasi dengan tetap mempertimbangkan kondisi sosial dan budaya yang ada. Hal ini sangat penting untuk menjamin ketersediaan pangan berkelanjutan bagi penduduk.

Kata Kunci: : budidaya padi; GRK; teknik budidaya ramah lingkungan

Abstract: Rice cultivation activities are one of the most significant contributors to greenhouse gas (GHG) emissions in the form of methane gas. Increasing GHG concentrations cause climate change, triggered by rising sea surface temperatures. Therefore, efforts are needed to reduce GHG emissions from environmentally friendly rice cultivation activities. This research aims to analyze strategies that can be implemented to reduce GHG emissions from rice cultivation agricultural activities while still considering the level of productivity. A study literature approach and secondary data types were used to answer the research objectives. The analysis results show that cultivation techniques, use of fertilizers and seeds, and low-emission water management are essential to reduce emission levels from rice cultivation activities. These efforts include the use of low-emission rice varieties, water regulation, use of intermittent irrigation technology, Alternate Wetting and Drying (AWD) techniques, selection of planting seasons, selection of environmentally friendly cultivation techniques (Climate Smart Agriculture), as well as the use of fertilizers and organic materials. Wisely. These efforts are alternative solutions that can be implemented because farmers can adapt while still considering existing social and cultural conditions. It is essential to ensure sustainable food availability for the population.

Keywords: GHG; environmentally friendly cultivation; rice cultivation

Citation: Fathia, A.N., Hadianto A., Raswatie, F.D. (2024). Analisis Strategi dalam Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca pada Budidaya Padi di Indonesia. *Indonesian Journal of Agricultural, Resource, and Environmental Economics*. 3(1): 49 - 58

DOI: <https://doi.org/10.29244/ijaree.v3i1.54757>

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan sebagian besar penduduknya bekerja di sektor pertanian, sebesar 29,96% dari total tenaga kerja (BPS 2022). Kontribusi sektor pertanian terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) terus meningkat, mencapai 1.435.853,30 miliar rupiah pada tahun 2022 (BPS 2023). Hal ini menunjukkan sektor pertanian memiliki potensi besar dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi Indonesia. Meskipun peran sektor pertanian sangat penting dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia,

terdapat trade off berupa emisi gas rumah kaca (GRK) dari aktivitas pertanian yang berdampak negatif bagi lingkungan (Sasmita et al. 2021).

Efek rumah kaca mengacu pada situasi di mana panas matahari yang masuk ke atmosfer diserap oleh gas-gas di atmosfer, kemudian dipancarkan kembali melalui radiasi inframerah. Gas-gas ini, dikenal sebagai GRK atau gas rumah kaca (KLHK 2022). Adanya GRK membuat suhu bumi menjadi hangat dan dapat dihuni oleh makhluk hidup. Namun, peningkatan konsentrasi GRK dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan perubahan iklim dengan meningkatnya suhu rata-rata bumi (Ardhitama dan Siregar 2017). Meskipun fenomena gas rumah kaca bersifat alami, aktivitas manusia (antropogenik) menyebabkan peningkatan GRK terjadi lebih cepat. Peningkatan tersebut ditandai dengan suhu yang meningkat signifikan pada rentang 2011-2020, yang mana lebih tinggi 1,09°C. dibandingkan awal masa revolusi industri 1850-1900 (IPCC 2021). Peningkatan GRK yang berkelanjutan akan berdampak pada peningkatan suhu global dan perubahan iklim (Patrianti et al. 2020). Hal ini menjadi penyebab dominan perubahan iklim dengan probabilitas 95% (IPCC 2006). Untuk mengatasi ancaman ini, Indonesia bergabung dalam Perjanjian Paris di tahun 2015 dengan target pengurangan emisi GRK sebesar 29% dari BAU atau 41% dengan bantuan keuangan internasional pada 2030 (KLHK 2022). Strategi implementasi NDC mencakup lima sektor, termasuk pertanian (Masripatin et al. 2017).

Menurut laporan Emission Gap Report UNEP 2022, Indonesia adalah negara kelima penghasil emisi GRK terbesar, termasuk emisi perkapita sebesar 7,5 tCO₂e, setara dengan Brasil dan di bawah AS, Rusia, dan China. Sektor pertanian, terutama produksi padi, menjadi penyumbang terbesar kedua setelah emisi N₂O langsung dari tanah (KLHK 2022). Pemerintah menargetkan penurunan emisi GRK sektor pertanian sebesar 0,32% atau 9 Mton CO₂e (KLHK 2022). Aktivitas budidaya padi adalah salah satu penyumbang terbesar dari emisi gas metan (CH₄) dan Nitro oksida (N₂O). Sawah yang ditanami padi diperkirakan menyumbang emisi sebesar 20-120 juta ton CH₄ per tahun ke atmosfer. Total emisi tersebut diestimasi berdasarkan luasan lahan sawah di dunia yang digunakan untuk produksi padi dunia, yaitu sekitar 10% dari penggunaan lahan pertanian di dunia (Panjaitan et al. 2015). Di sisi lain, padi merupakan komoditas pertanian yang sangat penting bagi Indonesia. Komoditas padi merupakan komoditas strategis yang berperan penting bagi perekonomian nasional dan ketahanan pangan, dimana sebagian besar masyarakat Indonesia mengonsumsi tanaman padi yang telah diolah menjadi beras sebagai pemenuhan kebutuhan pokok utama (Elizabeth dan Paramita 2022). Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan beras diperkirakan akan terus meningkat (Waskito 2020). Dengan demikian, peningkatan gas rumah kaca dari aktivitas produksi padi juga akan terus bertambah.

Berdasarkan hal tersebut, upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan emisi GRK dalam aktivitas budidaya padi penting dilakukan. Mengingat masalah GRK merupakan masalah global yang sangat berdampak buruk pada lingkungan. Namun di sisi lain produksi padi harus tetap ditingkatkan karena padi merupakan komoditas strategis sebagai bahan pangan utama sebagian besar masyarakat Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis terhadap upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi GRK dalam aktivitas budidaya padi, namun tetap memperhatikan produktivitas padi itu sendiri. Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang telah dijelaskan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi yang dapat dilajukan dalam upaya mengurangi emisi GRK dari aktivitas pertanian budidaya padi dengan tetap mempertahankan tingkat produktivitas padi di Indonesia.

METODE

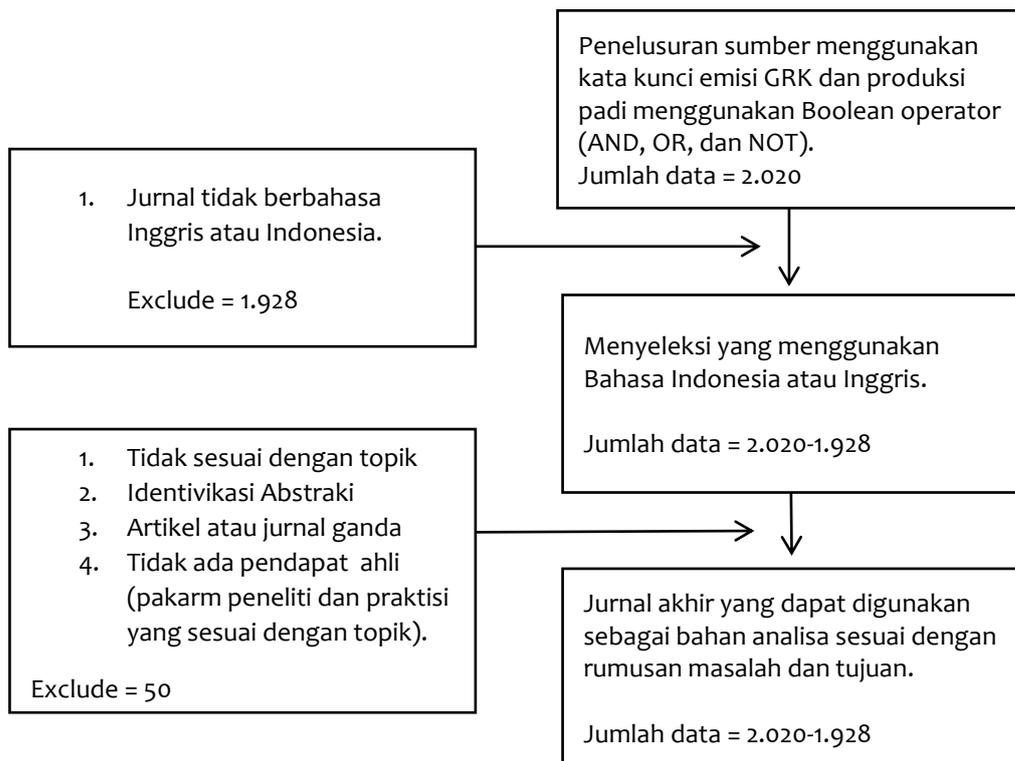
Penelitian mengenai strategi mengurangi emisi GRK dari aktivitas pertanian budidaya padi dilakukan dengan menggunakan pendekatan studi literatur. Data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), serta referensi pustaka lainnya yang terkait dengan emisi GRK dan aktivitas budidaya padi.

Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyintesis karya – karya hasil penelitian dan hasil pemikiran yang sudah dilakukan oleh para peneliti dan praktisi sebelumnya Metode ini mengkaji pengetahuan, gagasan, atau temuan yang terdapat pada sebuah literatur

berorientasi akademik dan merumuskan kontribusi teoritis untuk topik tertentu. Pada penelitian ini untuk studi literatur digunakan untuk menganalisis sumber - sumber pustaka seperti buku, jurnal, penelitian baik tingkat nasional maupun internasional.

Tahap selanjutnya dalam studi literatur adalah melakukan review terhadap literatur tersebut. Review dibuat dengan cara mengevaluasi isi dari sumber yang sudah didapatkan kemudian dibuat summary terhadap isi sumber- sumber tersebut. Hasil summary dan evaluasi terhadap sumber tersebut dipergunakan sepenuhnya untuk menulis literatur review. Literatur review tersebut dibuat dan dianalisis berdasarkan beberapa poin yaitu (1) kesamaan, (2) ketidaksamaan, (3) pandangan atau sudut pandang, (4) perbandingan, dan (5) ringkasan. Dan terakhir hasil literatur review tersebut dianalisis dan diaplikasikan untuk studi yang dilakukan yaitu menganalisis dan memberikan rekomendasi strategi kebijakan yang dapat dilakukan dalam upaya mengurangi emisi GRK dari aktivitas pertanian produksi padi. Alur proses literatur review dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Proses Studi Pustaka

Berdasarkan alur proses literature review di atas didapatkan 42 jurnal yang sesuai dengan kriteria inklusi yang dibutuhkan. Jurnal-jurnal tersebut kemudian dilakukan analisis sehingga dapat menghasilkan rangkuman terhadap upaya efektif yang dapat dilakukan untuk menurunkan emisi GRK di aktivitas budidaya padi namun tetap memperhatikan produksi padi itu sendiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi GRK pada aktivitas budidaya padi dapat dikurangi dengan melakukan beberapa langkah strategi. Langkah tersebut dapat dilakukan untuk mengurangi emisi GRK yang dihasilkan namun tetap mempertimbangkan produktivitas dari budidaya padi tersebut. Sudah terdapat banyak penelitian terdahulu yang membahas topik terkait emisi gas rumah kaca dan budidaya padi serta upaya mitigasi emisi GRK dari aktivitas budidaya padi. Pada penelitian ini akan melakukan analisis literature review terhadap empat puluh sumber pustaka berorientasi akademik. Berdasarkan analisis review yang dilakukan kemudian didapatkan beberapa alternatif strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi GRK dalam aktivitas budidaya padi.

Teknik Pengelolaan Air

Langkah strategi pengurangan emisi GRK pada budidaya padi yang paling banyak direkomendasikan adalah dalam teknik budidaya, terutama pengelolaan air pada sawah. Teknik budidaya lahan sawah padi tergenang air merupakan teknik pengairan yang paling umum digunakan. Teknik ini pada awalnya bertujuan untuk mengurangi pertumbuhan gulma (pesaing tanaman pokok). Namun ternyata teknik penggenangan air ini menghasilkan emisi CH₄ ke atmosfer dan timbulnya lapisan tapak bajak (*hard pen*) yang bersifat kedap air sehingga air hujan tidak dapat terinfiltrasi ke lapisan tanah yang lebih dalam (Supriatin 2017). Tinggi genangan air mempengaruhi pembentukan gas GRK metana (CH₄). Dimana semakin tinggi genangan air akan semakin tinggi pula emisi CH₄ yang dihasilkan (Treenbert 1994). IPCC juga menyatakan bahwa tingginya genangan air menjadi salah satu faktor yang menentukan besarnya emisi CH₄. Disisi lain ketinggian genangan air dalam lahan sawah tidak berpengaruh pada produksi padi, tetapi berpengaruh pada emisi CH₄ yang dihasilkan (IPCC 2006). Pengaturan kondisi air ini sangat menentukan tinggi rendahnya fluks CH₄ yang dapat membuat CH₄ yang dihasilkan optimum (Pramono et al 2017).

Mengubah cara pemberian air juga menjadi penentu besar kecilnya emisi CH₄ yang dihasilkan. Pemberian air secara intermitten, berselang, atau tidak kontinyu menghasilkan emisi CH₄ yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pemberian air secara kontinyu atau terus menerus. Hal tersebut dikarenakan pemberian air secara kontinyu menyebabkan genangan air dalam lahan sawah diam atau statis. Air yang statis membuat kondisi lahan sawah anaerob yang sesuai dan mendukung terbentuknya gas metana (Supriatin 2017). Kondisi lahan tanah tergenang yang anaerob ini sangat ideal bagi aktivitas dan perkembangan bakteri pembentuk CH₄. Pada kondisi sebaliknya di lahan kering (*aerob*) ketersediaan oksigen meningkat sehingga aktivitas bakteri pembentuk CH₄ menjadi terhambat (Kartikawati 2013). Penggantian cara pemberian air ini dapat mengurangi emisi CH₄ yang dihasilkan sampai 78% (Setyanto 2008). Teknik pemberian air sudah banyak diaplikasikan di wilayah Asia Tenggara dan sudah terbukti memberikan dampak positif pada emisi GRK yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan teknik pemberian air tersebut memiliki potensi besar dalam pengurangan tingkat emisi Metana CH₄ dari lahan padi (Yagi et al 2019).

Banyak penelitian yang telah membuktikan bahwa pengairan air secara intermitten ini dapat menurunkan emisi GRK yang dihasilkan. Penelitian Utaminingsih dan Hidayah 2012 menunjukkan bahwa pemberian air secara intermitten berpotensi menurunkan emisi GRK sebesar 34,9%. Penelitian Safitri 2018 menunjukkan hal yang sama yaitu pengairan secara intermitten mampu memitigasi emisi GRK yang dihasilkan sebesar 56,3%. Selain mengurangi emisi metan CH₄ yang dihasilkan, teknik budidaya dengan pengairan berselang atau intermitten juga dapat meningkatkan produktivitas padi yang dihasilkan.

Teknik budidaya yang paling direkomendasikan dan diaplikasikan adalah teknik budidaya *Alternate Wetting and Drying* atau AWD. Teknik AWD adalah teknik hemat air yang diterapkan pada lahan irigasi sehingga dapat menghemat air dan menurunkan emisi GRK selama proses budidaya padi (Pramono et al 2018). Metode ini merupakan metode pengairan dengan penggenangan air terputus (Budianto et al 2020). Pada penelitian yang dilakukan oleh Tirol-Padre et al 2018 menunjukkan bahwa teknik AWD dapat menurunkan emisi GRK jika dibandingkan dengan pengairan basah atau tergenang sebesar 6-47%, berpotensi mereduksi penggunaan air sebesar 15%, dan berpotensi untuk meningkatkan produktivitas tanaman padi sebesar 3-69%. Hasil ini menunjukkan bahwa teknik AWD efektif untuk menurunkan emisi GRK sekaligus menguntungkan karena dapat menghemat penggunaan air dan meningkatkan produktivitas tanaman padi. Sesuai dengan penelitian Win et al. (2021) menunjukkan bahwa teknik AWD secara signifikan menurunkan emisi GRK sebesar 70% ketika musim kering dan sebesar 66% ketika musim basah. Teknik AWD ini juga meningkatkan hasil produktivitas tanaman padi sebesar 10%. Hal tersebut dikarenakan teknik AWD meningkatkan pasokan oksigen akar yang dapat mempercepat proses mineralisasi bahan organik tanah yang meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan padi (Win et al. 2021).

Teknik budidaya selanjutnya yang direkomendasikan adalah teknik budidaya *the system of rice intensification* (SRI). SRI adalah teknik budidaya padi yang mampu meningkatkan produktivitas dan menurunkan emisi GRK pada budidaya padi dengan mengubah cara pengelolaan tanaman, tanah, air, dan unsur hara (Sanjaya et al. 2014). Selain itu dalam sebuah studi menyatakan bahwa tidak ada efek negatif

dalam penggunaan metode ini (Ooa et al. 2018). Banyak penelitian yang telah menunjukkan bahwa teknik budidaya ini mampu menurunkan emisi GRK pada aktivitas budidaya padi. Hasil penelitian Ly et al 2013 menunjukkan bahwa emisi CH₄ dapat berkurang sebesar 17 - 24% dengan mengaplikasikan metode SRI. Teknik budidaya ini juga mengurangi emisi gas metan lainnya seperti N₂O dan CO₂ yang jika dikonversikan teknik budidaya SRI dinilai dapat mengurangi GWP sebesar 46,4% (Nugroho et al. 2020).

Rekomendasi teknik budidaya selanjutnya adalah Climate smart agriculture atau CSA. Teknik CSA adalah metode pendekatan teknologi di lahan sawah seperti pemberian bahan organik, pengairan air, pengendalian OPT alami, dan sistem tanpa olah tanah atau olah tanah minimum (Yulianingrum et al. 2019). Tujuan dari teknik CSA ini adalah meningkatkan produktivitas, adaptasi dan membangun ketahanan dalam perubahan iklim, dan mengurangi GRK (Faza 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yulianingrum et al. (2019) penerapan CSA mampu mengurangi emisi GRK sebesar 7 - 23%. Selain itu penerapan CSA ini juga mampu untuk meningkatkan manfaat ekonomi sebesar 42-129%.

Langkah lain yang dapat dilakukan adalah menggunakan pendekatan pengelolaan tanaman terpadu (PTT) pada padi sawah (Wihardjaka 2012). Penerapan PTT ini terdiri atas teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas sekaligus menurunkan emisi GRK (Supriyo 2022). Komponen teknologi PTT adalah varietas unggul, benih bermutu, bibit muda, sistem tanam, pemupukan N, pemupukan organik, penggunaan bahan organik, dan pengaturan air irigasi (Wihardjaka 2012). Menurut penelitian Supriyo 2022 penerapan PTT mampu mengurangi emisi gas metan sebesar 33,29%. Hal ini sejalan dengan penelitian Setyanto 2008 dimana penerapan PTT dan pengairan berselang mampu menurunkan emisi GRK sebesar 72%.

Varietas Tanaman Padi Rendah Emisi

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi GRK pada aktivitas budidaya padi selanjutnya adalah memilih dan menggunakan varietas tanaman padi yang rendah emisi. Penggunaan varietas rendah emisi secara nyata mampu menurunkan menekan emisi GRK pada aktivitas budidaya padi. Ciri - ciri varietas padi yang digunakan adalah memiliki jumlah anakan yang sedikit, efektif memanfaatkan hasil fotosintesis, berumur genjah, dan memiliki kapasitas oksidasi perairan yang kuat (Setyanto 2008). Jumlah anakan sangat mempengaruhi besaran emisi CH₄ yang dilepaskan ke atmosfer. Menurut penelitian Yunianti et al faktor penyebab tingginya fluks CH₄ pada salah satu varietas padi yaitu ciherang adalah jumlah anakan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan varietas lainnya. Selain itu emisi CH₄ yang dihasilkan dari ketiga varietas ditentukan oleh perbedaan morfologi dan fisiologi varietas (Annisa et al 2016).

Besarnya fluks CH₄ yang dihasilkan terbagi menjadi 2 fase, yaitu fase vegetatif dan fase generatif. Pada fase vegetatif kontribusi CH₄ dipengaruhi oleh banyaknya jumlah anakan yang dihasilkan. Sedangkan pada fase generatif terutama fase reproduktif, besarnya fluks CH₄ dipengaruhi oleh sumbangan bahan organik dari anakan yang mati (Kartikawati et al 2017). Berikut hasil perbandingan rata - rata fluks CH₄ yang dihasilkan dari beberapa varietas tanaman padi. Gambar 1 menunjukkan perbandingan fluks CH₄ yang dihasilkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setyanto dan Suharsih 2005.

Tabel 1. Emisi CH₄ dan produksi beberapa varietas padi

Varietas Padi	Emisi CH ₄ (kg/Ha)	Produksi gabah (Kg/Ha)
Banyuasin	171	2670
Batang Anai	196	4500
Batanghari	100	1560
Cisadane	218	6400
Dodokan	74	3300
IR 36	112	4900
IR 64	176	6700
Memberamo	173	7400
Maros	117	4300
Muncul	127	4600
Punggur	182	4050
Tanggulang	121	3220
Way Apo Buru	154	7400

Tabel 1 menunjukkan bahwa varietas padi Dodokan, Batang Hari, dan IR112 adalah varietas yang menghasilkan emisi GRK paling rendah. Namun penentuan varietas tanaman padi terbaik tidak dapat dilakukan jika hanya membandingkan emisi CH₄ yang dihasilkan. Penentuan jenis varietas padi terbaik juga harus mempertimbangkan produksi gabah yang dihasilkan. Penentuan tersebut membandingkan varietas padi yang minim menghasilkan emisi GRK dengan hasil produksi padi yang optimum. Hal tersebut dapat dibandingkan dengan analisis rasio keefisiensi (Supriatin 2017). Perbandingan rasio keefisiensi dari beberapa varietas padi dapat terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rasio keefisiensi beberapa varietas padi

Varietas Padi	Rasio keefisiensi (g CO ₂ e/kg)
Way apo buru	20,8
Dodokan	22,4
IR 36	22,8
Memberamo	23,3
IR 64	26,3
Maros	27,2
Muncul	27,6
Cisadane	34,0
Tenggulang	37,6
Batang anai	43,6
Punggur	44,9
Banyuasin	64,0
Batang	64,1

Pada Tabel 2 dapat terlihat bahwa varietas Way Apo Buru, Dodokan, dan IR 36 adalah varietas terbaik budidaya padi rendah emisi. Hal tersebut sesuai dengan beberapa penelitian lain seperti pada penelitian Setyanto 2008 menyimpulkan bahwa varietas padi rendah tingkat emisi GRK adalah Way Apo Buru, Dodokan, Maros, dan Fatmawati. Annisa et al. (2016) menyebutkan bahwa varietas IR 36 dan Dodokan adalah varietas paling rendah emisi jika dibandingkan dengan varietas lainnya. Balitbangtan 2011 mengungkapkan bahwa varietas Dodokan, Way Apo Buru, dan IR 64 termasuk varietas yang rendah emisi GRK. Penelitian Safitri 2017 menunjukkan bahwa varietas padi rendah emisi adalah IR64, Dodokan, dan Inpari 1.

Musim Tanam

Langkah ketiga aksi mitigasi emisi GRK tanaman padi yang dihasilkan adalah menanam varietas tanaman padi pada musim tanam yang tepat. Budidaya padi yang dilakukan pada musim hujan akan menghasilkan emisi CH₄ yang lebih tinggi (Suharsih et al. 2000). Hal tersebut didapatkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan. Beberapa diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Suharsih et al 2000, Panjaitan et al 2015, dan Sumirat dan Solehudin 2009. Menurut Suharsih et al. (2000) proses budidaya padi yang dilakukan pada musim hujan akan menghasilkan emisi CH₄ yang lebih tinggi sebesar 18,13%. Sedangkan menurut Panjaitan et al 2015 proses budidaya padi pada musim hujan akan menghasilkan emisi CH₄ yang lebih tinggi sebesar 47,10%. Hasil pengamatan fluks emisi CH₄ pada dua kondisi musim yang dilakukan oleh Suharsih et al 2000 dan Panjaitan et al 2015 dapat terlihat pada Tabel 3. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sumirat dan Solehudin 2009 yang mendapatkan koefisien korelasi antara curah hujan dan emisi sebesar 0,33. Hal ini menunjukkan hubungan korelasi positif antara curah hujan dan emisi GRK yang dihasilkan pada aktivitas budidaya padi.

Tabel 3. Fluks emisi CH₄ pada kondisi dua musim berbeda

Ulangan/ Perlakuan	Emisi CH ₄ (kg/ha/musim)		Emisi CH ₄ (mg/m ³ /menit) ²	
	Musim kemarau	Musim hujan	Musim kemarau	Musim hujan
1	99,83	145,94	0,516	0,643
2	34,54	46,19	0,454	0,659
3	31,28	45,92	0,456	0,663
4	93,67	91,58	0,456	0,709
5	75,04	65,38	0,431	0,759

Emisi CH₄ yang dihasilkan pada proses budidaya padi lebih tinggi pada musim hujan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya (1) musim hujan memiliki volume genangan air lebih tinggi, Hal tersebut membuat kondisi tanah akan bersifat *anaerob* dan akan meningkatkan suhu air yang mana akan memicu pembentukan emisi metana yang lebih besar (Setyanto 2005), (2) Pembusukan material organik secara *anaerob* pada musim hujan lebih tinggi daripada musim kemarau, (3) musim hujan menjadi kondisi ideal untuk bakteri metanogen, (4) Memberikan material organik yang dapat menjadi substrat bakteri metanogen untuk menghasilkan CH₄ (Supriatin 2017), dan (5) Menghasilkan eksudat akar yang juga menjadi substrat bakteri metanogen yang akan meningkatkan emisi CH₄ (Das et al. 2008).

Penelitian Fanni et al 2021 menunjukkan bahwa perbedaan musim dan curah hujan secara umum tidak berpengaruh signifikan terhadap produktivitas yang dihasilkan. Selain itu musim hujan juga membuat resiko tanaman menjadi rebah akibat diterpa angin kencang dan hujan lebat terus menerus bagi petani yang tanaman padinya sudah mulai berbulir dan menua. Dimana rebahnya tanaman padi akan menyebabkan penurunan hasil panen serta peningkatan biaya pemanenan karena proses pemanenan yang semakin sulit. Walaupun begitu musim hujan tetap memiliki dampak positif dimana terjadi peningkatan curah hujan yang menyebabkan ketersediaan air yang cukup sehingga berpengaruh pada penyemaian padi yang baik.

Penggunaan Pupuk

Faktor selanjutnya yang dapat meningkatkan emisi GRK pada aktivitas budidaya padi adalah penggunaan pupuk dan bahan organik tertentu. Padi yang dibudidayakan biasanya menggunakan pupuk dengan kadar N yang cukup tinggi (Panjaitan et al. 2015). Efisiensi penggunaan pupuk N ini dapat menjadi langkah yang dapat menekan emisi GRK pada aktivitas budidaya padi (Annisa et al 2016). Pemberian pupuk dapat meningkatkan aktivitas metabolisme tanaman sehingga produktivitas CH₄ dapat meningkat (Wihardjaka et al 2012). Efektivitas pemberian pupuk N juga baik bagi produktivitas tanaman karena N yang diberikan kepada tanaman tidak selalu digunakan secara efektif oleh tanaman (Cassman et al. 2003). Penelitian Chu et al. (2007) menunjukkan bahwa pemupukan N dapat meningkatkan emisi total CH₄ dan N₂O. Pemberian pupuk NPK 100% meningkatkan emisi CH₄ hingga 181%. Pemberian pupuk NPK 100% juga meningkatkan emisi N₂O sebesar 24%. Penelitian Kartikawati dan Nursyamsi (2013) juga menunjukkan bahwa penggunaan pupuk NPK dapat meningkatkan emisi CH₄ yang dihasilkan.

Penggunaan pupuk kandang dan kompos relatif menghasilkan emisi GRK yang lebih rendah. Penggunaan bahan organik matang tersebut dengan rasio C/N dan persiapan lahan tanpa olah berperan dalam mengurangi emisi GRK yang dihasilkan. Pemakaian bahan organik yang sudah mengalami dekomposisi berpotensi untuk menurunkan emisi GRK sebesar 10 - 25% (Safitri 2018). Penggunaan pupuk kandang dan kompos dapat memperbaiki produksi padi sekaligus menurunkan emisi metana yang dilepaskan ke atmosfer (Wihardjaka 2015). Menurut penelitian Priyono 2012 pemberian pupuk kandang dan amelioran (laterit) menghasilkan emisi CO₂ 15,20% lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan. Penyebaran pupuk kandang di permukaan tanah juga akan menekan kehilangan unsur N dan P pada tanah (Priyono 2012).

Penggunaan pupuk yang tepat juga dapat mendorong produktivitas dari tanaman padi. Peningkatan produktivitas padi dapat mengurangi luas lahan yang dibutuhkan untuk hasil padi yang sama. Hal tersebut mendorong penurunan emisi GRK yang dihasilkan pada aktivitas budidaya padi (Gracia et al. 2021). Hal ini dikarenakan luas lahan sawah sangat berperan dalam produksi emisi GRK pada aktivitas GRK (Wibowo

2018). Setiap kenaikan 1% produktivitas hasil pada lahan sawah akan mereduksi emisi GRK yang dihasilkan sebesar 1% pada hasil yang sama (Gracia et al. 2021).

Selain itu pemakaian bahan organik yang sudah mengalami dekomposisi matang atau lanjut dapat menurunkan emisi GRK sebesar 10 - 25%. Pemberian herbisida dengan bahan aktif glisofat dan paraquat dapat menurunkan emisi GRK secara nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan (Setyanto 2008). Hal ini disebabkan oleh efek penghambatan dari herbisida glisofat pada emisi N₂O yang berdampak pada penghambatan aktivitas mikroba yang terlibat dalam proses dinitrifikasi dan nitrifikasi (Ariani et al 2017). Menurut penelitian Ariani et al 2017 emisi terendah didapatkan pada perlakuan tanpa olah tanah dan pemberian herbisida (201 kg CH₄/ha/musim) sedangkan emisi tertinggi didapatkan pada perlakuan olah tanah sempurna tanpa penambahan herbisida (353 kg CH₄/ha/musim).

Dari keempat strategi yang dapat direkomendasikan, strategi penerapan teknik budidaya rendah emisi dan pengelolaan manajemen air merupakan teknik pengurangan emisi GRK dari aktivitas budidaya padi yang dapat menjadi prioritas utama. Strategi pengurangan emisi GRK tersebut dapat mengurangi emisi GRK dengan biaya yang relatif rendah dan dapat diaplikasikan oleh para petani di Indonesia. Penerapan teknik ini membuat biaya produksi yang lebih efisien (Sistem Registri Nasional 2020). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Najamuddin 2014, dimana pada penelitian itu merekomendasikan penerapan teknik budidaya padi rendah emisi sebagai prioritas utama dalam pengurangan emisi GRK di Indonesia. Strategi teknik budidaya yang dapat dilakukan antara lain pengelolaan lahan (tanpa olah tanah) dan sistem pengelolaan air berselang (intermittent). Strategi tersebut dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebagai upaya adaptasi dengan perubahan iklim dengan tetap mempertahankan atau meningkatkan produksi tetap tercapai (Najamuddin 2014). Teknik budidaya adaptif rendah emisi juga dapat menjadi aksi mitigasi yang mendukung kebijakan pemerintah dalam aksi nasional pengurangan emisi GRK (Wihardjaka et al 2020). Pengaplikasian strategi pengurangan emisi GRK dari aktivitas budidaya padi perlu dukungan dan koordinasi dari pelaku atau stakeholder terkait. Selain itu diperlukan komitmen tinggi sehingga dapat mendukung aspek pembangunan rendah emisi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara membuat SOP dan panduan terkait strategi pengurangan emisi GRK, meningkatkan peran penyuluh pertanian dan pendidikan kepada petani dalam mengantisipasi perubahan iklim, mendesiminasikan komponen teknologi adaptif sebagai upaya yang dapat diadopsi petani pada ekosistem lahan sawah, dan meningkatkan kinerja penelitian dan pengembangan dalam aksi mitigasi perubahan iklim (Wihardjaka et al 2020).

SIMPULAN

Emisi GRK merupakan masalah global yang harus ditangani karena berdampak buruk pada lingkungan. Aktivitas budidaya padi merupakan salah satu aktivitas yang menghasilkan emisi GRK terbesar di sektor pertanian. Namun disisi lain padi merupakan komoditas strategis karena beras yang berasal dari tanaman padi merupakan makanan pokok utama sebagian besar masyarakat Indonesia. Oleh karena itu *Trade off* emisi GRK yang meningkat harus diturunkan tanpa mengurangi produksi padi itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengurangi emisi GRK yang dihasilkan dengan tetap mempertimbangkan produktivitas padi. Salah satu upaya yang dapat menjadi prioritas dalam pengurangan emisi GRK padi di Indonesia dengan tetap mempertahankan tingkat produksi padi adalah dengan penggunaan teknik budidaya rendah emisi dan pengelolaan manajemen air. Strategi tersebut menjadi prioritas karena dapat diadaptasikan oleh petani dengan mempertimbangkan kondisi sosial budaya petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhitama A, Siregar YI. (2017). Analisis Pengaruh Konsentrasi Gas Rumah Kaca Terhadap Kenaikan Suhu Udara Di Kota Pekanbaru Dan Kota Padang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 11 (1): 11.
- Ariani M, Yulianingrum H, Setyanto P. (2017). Emisi Gas Rumah Kaca dan Hasil Padi dari Cara Olah Tanah dan Pemberian Herbisida di Lahan Sawah MK 2015. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 15 (2): 74 - 82.
- Annisa W, Rachman A. (2016). Teknologi Mitigasi Gas Rumah Kaca di Lahan Rawa Pasang Surut. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 5(2): 178-188.

- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2022). Keadaan Angkatan Kerja di Indonesia Agustus 2022. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2023). Produk Domestik Bruto Indonesia Triwulanan 2019-2023. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Budianto MB, Supriadi A, Hidayat S, Salehudin. (2020). Model Irigasi Hemat Air Perpaduan System of Rice Intensification (SRI) dengan Alternate Wetting and Drying (AWD) pada Padi Sawah. *Jurnal Teknik Pengairan*. 11 (2) : 128 - 136.
- Cassman KG, Doberman A, Walters DT, Yang H. (2003). Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resource and Improving Environmental Quality. *Journal Rev. Environ Resources*. 28 (1) : 315 - 358.
- Chu H, Lin X, Fujii T, Morimoto S, Yagi K, Hu J. (2007). Soil Microbial Biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. *Journal Soil and Biochemistry*. 39 (1) : 271 - 286.
- Das K, Baruah K. (2008). Methane Emission Associated with Anatomical and Morphological Characteristics of Rice (*Oryza Sativa*) Plant. *Journal Physiologia Plantarum*. 134 (1) : 303 – 302.
- Elizabeth A, Paramita R. (2022). Meninjau Kinerja Komoditas Tanaman Pangan Strategis (Pertanian) Dalam Mewujudkan Kemandirian Pangan. *Buletin APBN Vol. VII*. Ed. 19, Oktober 2022.
- Fanni A, Evi G, Jajat S. (2021). Pengaruh Perubahan Curah Hujan Terhadap Produktivitas Padi Sawah di Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 19 (2) : 237 – 246.
- Faza A. (2018). Pembuatan Model Climate-Smart Agriculture untuk Adaptasi dan Membangun Ketahanan Terhadap Perubahan Iklim dalam Produksi Padi (Studi Kasus: Jawa Timur). [Tesis]. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gracia CJ, Herrero B. (2021). *Female Directors, Capital Structure, and Financial Distress*. *Journal of Business Research*. 136 (1) : 592 – 601.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. Iges.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Switzerland (CH): Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kartikawati R, Nursyamsi D. (2013). Pengaruh Pengairan, Pemupukan, dan Penghambat Nitrifikasi Terhadap Emisi Gas Rumah Kaca di Lahan Sawah Tanah Mineral. *Jurnal Ecolab*. 7 (2) : 49 - 108.
- Kartikawati R, Yulianingrum H, Wihardjaka A, Setyanto P. (2017). Upaya Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim Pada Lahan Tadah Hujan Melalui budidaya Padi Rendah Emisi Metana. *Prosiding Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi); 2017; Indonesia; Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi)*. Hlmn 197-205.
- Kartikawati R, Yulianingrum H, Wihardjaka A, Setyanto P, Ariani M. (2020). Pemilihan Varietas Padi Rendah Emisi CH₄ untuk Mendukung Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Lahan Sawah. *Jurnal Perubahan Iklim Indonesia*. 4 (2) : 15 – 21.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2022). *Laporan IGRK MPV 2021*. Indonesia (ID): Dirjen PPI.
- Masripatin N, Rachmawaty E, Suryanti Y, Setyawan H, Farid M, Iskandar N. (2017). *Strategi Implementasi NDC*. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Perubahan Iklim.
- Nugroho BDA, Arif C, Hasanah NAI, Maftukhah R, Suryandika F, Hapsari U, Nihayah B. (2020). Pengenalan Metode Tanam SRI (System Rice of Intensification) dengan Teknologi untuk Peningkatan Produktivitas dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat*. 3 (2) : 493 - 503.
- Ooa AZ, Sudoa S, Inubushib K, Manob M, Yamamoto A, Onoa K, Oshawa T, Hayashidad S, Patrae PK, Taraof Y, Elayakumarg P, Vanithag K, Umamageswaring C, Jothimaning P, Ravig V. (2018). Methane and nitrous oxide emissions from conventional and modified rice cultivation systems in South India. *Jurnal Agriculture, Ecosystems and Environment*. 252 (1) : 148-158.
- Panjaitan E, Indradewa D, Martono E, Sartohadi J. (2015). Sebuah Dilema Pertanian Organik Terkait Emisi Metan. *Jurnal Mns dan Lingkungan*. 22(1):66.

- Patrianti T, Shabana A, Tuti R. (2020). Government Risk Communication on Greenhouse Gas Emission Reduction to Tackle Climate Change. *Jurnal Penelitian Komunikasi dan Opini Publik*. 24 (1) : 10 - 14.
- Pramono A, Adriani TA, Setyanto P. (2017). Emisi Gas Rumah Kaca dan Hasil Padi Dari Perlakuan Alternate Wetting and Drying di Lahan Sawah Tadah Hujan. *Prosiding Balai Besar Tanaman Padi; 2022 Ags 20; Purwokerto; Indonesia*. Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Hlmn 146-154.
- Priyono. (2012). Upaya Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dalam Sistem Budidaya Pertanian dengan Penggunaan Bahan Organik. *Jurnal Pertanian*. 24 (1) : 71 - 80.
- Rahayu. (2016). Analisis Pencapaian Program Swasembada Beras pada tahun 2017 di Indonesia. [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Safitri ND. (2018). Potensi Gas Rumah Kaca Pada Lahan Padi Sawah di Kabupaten Sleman Bagian Barat Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2 (1) : 1-17
- Sanjaya IP, Tika IW, Sumiyati S. (2014). Pengaruh Teknik Budidaya SRI (System of Rice Intensification) dan Legowo Terhadap Iklim Mikro dan Produktivitas dan Produktivitas Padi Ketan (Studi Kasus di Subak Sigaran). *Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian*. 2 (1) : 32 - 54.
- Sasmita A, Isnaini I, Zuzika R. (2021). Estimasi Gas Rumah Kaca dari Sektor Pertanian, Perkebunan, dan Peternakan di Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 8 (1):42–53.
- Setyanto P. (2008). Teknologi Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca Dari Lahan Sawah. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. 3 (2) : 205 - 2014.
- Setyanto P, Suharsih. (2005). Mitigasi Gas Metan dari Lahan Sawah, Laporan Tahunan Lokal Penelitian Tanaman Pangan, Jakenan, Pati. Jakarta (ID) : Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Suharsih P, Setyanto AK, Makarim. (2000). Pengaruh Pengelolaan Air Terhadap Emisi Gas CH₄ Pada Lahan Jawah di Jakenan, Jawa Tengah, dalam *Prosiding Seminar Nasional Budi Daya Tanaman Pangan Berwawasan*.
- Supriyo A. (2022). Inovasi Pertanian Ramah Lingkungan Terhadap Produktivitas Padi Sawah. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian dan Perikanan; 2022 Ags 20; Purwokerto; Indonesia*. Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto. 1 (2) : 146-154.
- Sumirat, Solehudin. (2009). Nitrous Oksida (N₂O) dan Metana (CH₄) Sebagai Gas Rumah Kaca. *Jurnal Lingkungan*. 7 (2) : 24 - 98. *Jurnal epi Edu*
- Supriatin LS. (2017). Penyesuaian Musim Tanam, Jenis Varietas, dan Teknik Budidaya Tanaman Padi Terkait Mitigasi Emisi Metana. *Jurnal Lingkungan*. 24 (1) : 1-10.
- Treenbert K. (1994). *Climate System Modelling*. New York (USA): Academy Press.
- Waskito RH. (2020). Analisis Produksi Padi di Kabupaten Jember (Studi Kasus di Desa Selodakon Kecamatan Tanggul. [Skripsi]. Jember (ID). Universitas Negeri Jember.
- Wibowo A. (2018). Kajian Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Kehutanan untuk Mendukung Kebijakan Perpress No. 61/2011. *Journal Kajian Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Pertanian*. 2 (2): 235 – 254.
- Wihardjaka A, Nursyamsi D. (2012). Pengelolaan Tanaman Terpadu pada Padi Sawah yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Pangan*. 21 (2) : 185 - 196.
- Wihardjaka A. (2015). Mitigation of Methane Emission Through Lowland Management. *Jurnal Litbang Pertanian*. 32(2):95–104.
- Win EP, Win KK, Kimura SDB, Oo AZ. (2021). Influence of Rice Varieties, Organic Manure and Water Management on Greenhouse Gas Emissions From Paddy Rice Soils. *Journal Plos One*. 1 (1) : 1 - 22.
- Yagi K, Sriphirom P, Cha-un N, Fusuwankaya K, Chidthaisong A, Damen B, Towprayoon S. (2019). Potential and promisingness of technical options for mitigating greenhouse gas emissions from rice cultivation in Southeast Asian countries, *Soil Science and Plant Nutrition*. *Jurnal Soil Science and Plant Nutrition*. 10(1), 1-13
- Yulianingrum H, Pramono A, Susilawati HL. (2019). Penerapan Paket Teknologi Ramah Lingkungan untuk Mengurangi Emisi Metana (CH₄) di Lahan Sawah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(1) : 149-157.