

FLUKS METANA PADA BEBERAPA KOMPONEN TEKNOLOGI SAWAH TADAH HUJAN DI KABUPATEN PATI

A. Wihardjaka

Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian

ABSTRAK

Beberapa teknologi seperti penggunaan varietas padi berdaya hasil tinggi, pengelolaan pupuk organik, anorganik dan perbaikan sistem olah tanah diterapkan di tanah sawah tadah hujan untuk meningkatkan produktivitas padi gogo rancah. Namun penerapan teknologi tersebut dapat berdampak terhadap emisi gas metana yang dilepaskan ke atmosfer melalui parenkhima tanaman padi. Penelitian untuk mengetahui dampak penerapan beberapa teknologi sawah tadah hujan terhadap metana yang dilepaskan ke udara dilaksanakan selama 1998 – 2001 di Jawa Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) varietas Tukad Balian, Way Apoburu, IR 64 merupakan varietas-varietas yang cocok untuk dibudidayakan di lahan sawah tadah hujan, selain berdaya hasil tinggi juga dapat mengurangi pelepasan metana ke udara, (2) pemberian pupuk organik matang (pupuk kandang dan kompos) mengemisi gas metana lebih rendah daripada pupuk organik mentah (jerami segar dan pupuk hijau), (3) penambahan bahan organik segar pada lahan sawah tadah hujan meningkatkan fluks metana dari lahan sawah, (4) pupuk nitrogen yang mengandung sulfur (ZA) dapat mereduksi metana lebih besar daripada pupuk urea pril dan urea tablet, (5) emisi gas metana pada pengairan secara terus menerus lebih besar daripada pengairan berselang, dan (6) sistem tanpa olah tanah mengemisi gas metana lebih rendah daripada sistem olah tanah sempurna.

PENDAHULUAN

Semakin menciutnya lahan sawah irigasi yang beralih fungsi untuk industri, pemukiman dan sebagainya, maka lahan sawah tadah hujan merupakan lahan yang sangat prospektif untuk mempertahankan produksi tanaman pangan khususnya padi. Sawah tadah hujan berpotensi sebagai penghasil tanaman pangan terutama padi setelah sawah beririgasi. Padi sawah tadah hujan akan merupakan fokus program intensifikasi padi jangka panjang untuk kompensasi stagnasi hasil padi sawah irigasi (Fagi, 1995). Namun tidak-menentunya curah hujan di wilayah tersebut berpengaruh terhadap rendahnya produktivitas tanah dan tanaman. Produksi padi di lahan sawah tadah hujan umumnya rendah dengan rata-rata hasil 2,5 – 3,0 t/ha atau sekitar separuh dari hasil padi sawah beririgasi

(Ismunadji dan Suprpto, 1990). Menurut IRRI (1993), hasil gabah rata-rata dari sawah tadah hujan dunia hanya 2-3 t/ha dari luasan sekitar 38,7 juta ha. Rendahnya produktivitas padi sawah tadah hujan antara lain dipengaruhi oleh seringnya terjadi cekaman kekeringan dan tingkat kesuburan tanah rendah. Beberapa teknologi digunakan untuk meningkatkan produktivitas padi tadah hujan tersebut, seperti penggunaan beberapa varietas toleran kekeringan, penggunaan pupuk anorganik dan organik, serta perbaikan metode pengolahan tanah.

Lahan sawah tadah hujan di Indonesia diperkirakan 26% dari total lahan sawah atau sekitar 1,5 juta ha, dan sekitar 929.840 ha terdapat di Jawa (IRRI, 1992; Sastrosoedardjo dan Tohari, 2001). Lebih dari 50 % dari luasan sawah tadah hujan Indonesia terdapat di Jawa, dimana $\pm$ 324.420 ha terdapat di Jawa Tengah (Fagi, 1995), 293.960 ha terdapat di Jawa Barat dan 277.760 ha terdapat di Jawa Timur (Suprihatno *et al.*, 1995). Karena mencakup luasan yang besar, sawah tadah hujan mempunyai potensi sebagai sumber pertumbuhan produksi padi di Indonesia.

Pola tanam di ekosistem sawah tadah hujan umumnya adalah padi gogorancah-padi walik jerami-bera atau palawija. Pencapaian sasaran produksi jangka pendek mendorong petani sawah tadah hujan bergantung pada penggunaan masukan berenergi tinggi seperti pupuk buatan dan pestisida. Pengelolaan sawah tadah hujan secara intensif tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan dan penyebaran emisi gas-gas rumah kaca, antara lain akibat fluktuasi kondisi tanah dari anaerobik ke aerobik secara bergantian.

Sistem sawah tadah hujan berbeda dengan sistem sawah irigasi, dimana terjadi periode kering/tidak tergenang yang lebih lama tentunya memiliki pola emisi GRK yang berbeda, bahkan dapat sebagai *sink* GRK. Namun secara kuantitatif besar dari pola *source* dan *sink* GRK sawah tadah hujan dalam satu tahun belum banyak diketahui. Cara budidaya padi sawah tadah hujan yang dapat menekan emisi GRK dengan hasil tanaman yang tinggi sangat diharapkan, untuk menciptakan sistem produksi pertanian yang tidak merusak lingkungan.

Makalah ini menyajikan hasil-hasil penelitian tentang dampak beberapa teknologi sawah tadah hujan dalam meningkatkan produktivitas tanaman kaitannya dengan emisi gas metana yang dihasilkan.

EMISI GAS RUMAH KACA DARI LAHAN SAWAH

Perubahan kondisi tanah basah-kering silih berganti di lahan sawah tadah hujan mempengaruhi pola dan besarnya emisi gas-gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O). Gas-gas tersebut menyebabkan peningkatan suhu bumi secara global atau

pemanasan bumi global. Informasi pola dan besarnya emisi dan produksi gas-gas rumah kaca di Indonesia terutama di lahan sawah tadah hujan masih sedikit.

Selama kurun waktu 2 abad telah terjadi peningkatan suhu atmosfer bumi yang telah mengakibatkan beberapa bencana, antara lain *Elnino*. Kenaikan suhu yang oleh 'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)' diprediksi akan mencapai 1-3,5 °C pada akhir tahun 2100 (IPCC, 1992), disebabkan oleh adanya gas rumah kaca (CO₂, CFCs, N₂O, CH₄) yang berfungsi menghambat pantulan radiasi matahari (infra merah) dari permukaan bumi ke luar angkasa. Sebagai gambaran, kenaikan gas metana 1,3 ppm CH₄, dapat meningkatkan suhu atmosfer sebesar 1 °C (Neue dan Roger 1993). Padi sawah dikenal sebagai sumber utama emisi gas metana, karena dia meng-emisi gas metana cukup tinggi, yaitu antara 20 sampai dengan 100 Tg CH₄/tahun (IPCC 1992). Indonesia, dengan 10,6 juta hektar padi sawah, diperkirakan menyumbang sekitar 1 % dari total emisi gas metana global (Neue dan Roger 1993).

Kehadiran 1,3 ppmV CH₄ di atmosfer menyebabkan peningkatan suhu global 1,3 °C. Emisi metan global tahunan diduga 420-620 Tg/tahun dan konsentrasinya meningkat 1% hingga 1,7 ppmV (IPCC 1992). Di lain pihak, emisi gas N₂O terus meningkat sejalan dengan meningkatnya pemberian pupuk urea untuk memacu peningkatan produksi padi. Emisi gas CO₂, CH₄ dan N₂O masing-masing menyumbang 55, 15 dan 6% dari total efek rumah kaca (Mosier *et al.*, 1994). Meskipun sumbangan gas N₂O rendah, namun di atmosfer gas N₂O sangat stabil dan mempunyai waktu tinggal sampai 150 tahun (Cicerone, 1988).

Indonesia telah meratifikasi perjanjian Kyoto, oleh karena itu berkewajiban menurunkan emisi GRK sebesar 1% dari tingkat emisi yang sekarang (Neue dan Roger 1993), yaitu sebesar 4,8 Tg CH₄/tahun, menurut perhitungan Khalil *et al.*, 1990. Namun, angka 4,8 Tg CH₄/tahun yang dihitung dengan menggunakan koefisien GRK dikalikan dengan luas produksi padi, dianggap tidak tepat/tidak teliti (IRRI, 1993), karena emisi gas metana tidak selalu berkorelasi dengan produksi padi, tetapi sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain: (1) tipe tanah, (2) pengelolaan air irigasi, (3) suhu tanah, (4) varietas, (5) tanaman, (6) pemupukan, dan (7) musim tanam (Cicerone *et al.*, 1983; Holzapfel-Pschorn *et al.*, 1986; Kimura *et al.*, 1991; Neue dan Roger, 1993; Romesser *et al.*, 1979; Schutz *et al.*, 1989; Seiler *et al.*, 1984; Yagi dan Minami, 1990; Yagi *et al.* 1990). Informasi pengaruh faktor tersebut, dan teknik budidaya padi terhadap emisi gas metana dari sawah Indonesia, belum banyak diketahui.

Emisi gas rumah kaca pada lahan sawah dipengaruhi oleh kondisi oksidasi dan reduksi. Emisi gas metana lebih tinggi pada kondisi sawah, sebaliknya emisi gas N₂O lebih tinggi pada kondisi kering. Peran lahan sawah tadah hujan sebagai *source* dan *sink* GRK dalam pola tanam satu tahun, yang akan menentukan net

emisi GRK, sangat dipengaruhi oleh budidaya dan pengelolaan lahan. Gas metana dihasilkan oleh sekelompok bakteri anaerobik obligat yang disebut *Archaeobacteria* yang mempunyai struktur sel masih primitif. Pada metabolisme pertama selulose dirombak oleh bakteri acetogenik menjadi hasil sekunder seperti asam formiat, asetat, CO_2 dan H_2 . Bakteri metanogen dapat mengubah CO_2 , CO , H_2 , asam formiat, asetat, metanol dan metilamin menjadi metana (Cicerone dan Oremland, 1988). Kebanyakan bakteri penghasil gas metana bersifat mesofilik dengan suhu optimum $30 - 40^\circ\text{C}$ dan hanya berfungsi pada potensial redoks (Eh) tanah di bawah -200 mV dengan pH optimum $6,4 - 7,8$ (Neue dan Scharpenseel, 1990).

Tanaman padi memegang peranan penting dalam melepaskan metana ke atmosfer. Ruang udara pada pembuluh aerenkhima daun, batang dan akar yang berkembang dengan baik merupakan penyebab utama terjadinya pertukaran gas dari dalam tanah ke udara. Perbedaan gradien konsentrasi air di sekitar akar dengan ruang antar sel pada akar menyebabkan metana terlarut terdifusi. Pada dinding korteks, metana terlarut berubah menjadi gas dan disalurkan ke batang melalui pembuluh aerenkhima, lalu dilepaskan ke udara melalui pori-pori mikro tanaman (Holzapfel-Pschorn *et al.*, 1986). Emisi metana terbesar terjadi saat fase reproduktif tanaman padi, karena aktivitas metabolisme tanaman sangat tinggi, yang gilirannya akan menghasilkan eksudat akar dalam jumlah besar (Boureau *cit* Schutz *et al.*, 1989).

CARA PENGUKURAN EMISI GAS METANA

Pengukuran emisi gas metana di lapangan dapat dilaksanakan dengan cara meletakkan sebanyak tiga sungkup tertutup pada masing-masing petak unit percobaan di lapangan. Pengamatan dilakukan setiap minggu selama pertumbuhan tanaman dimulai sehari setelah tanam hingga panen. Pengambilan contoh dilakukan antara jam 06.00-11.00 pada menit ke 5, 10, 15, dan 20 setelah peletakan sungkup berukuran $40\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 60$ atau 100 cm tergantung tinggi tanaman di lapangan. Contoh gas diambil menggunakan injeksi polypropylen atau jarum suntik volume 5 ml , kemudian contoh dimasukkan ke dalam vacutainer. Emisi gas CH_4 diukur menggunakan alat kromatografi gas dengan detektor FID pada suhu injektor 110°C dan suhu kolom 92°C . Sebagai pembanding digunakan gas CH_4 standar yang telah diketahui konsentrasinya. Emisi gas CH_4 dihitung menggunakan rumus dari Khalil *et al.* (1991), sebagai berikut :

$$E = \rho \frac{dC}{dt} \frac{V}{A} \frac{BM}{V_m} \frac{T_{st}}{(T_{st}+T)}$$

dimana : E : emisi gas CH₄ (mg/m²/jam)
 ρ : kepadatan udara (molekul/m³)
 V : volume sungkup (m³)
 BM : berat molekul gas (g/mol)
 A : luas dasar sungkup (m²)
 dC/dt : laju emisi (ppbv/menit)
 V_m : volume molekul (mol/l)
 T_{st} : 273 °K
 T : suhu rata-rata selama pengukuran (°C)

FLUKS GAS METANA DI LAHAN SAWAH TADAH HUJAN

Beberapa faktor yang mempengaruhi pola dan besarnya emisi gas metana antara lain : (1) tipe tanah, (2) pengelolaan air irigasi, (3) suhu tanah, (4) varietas, (5) tanaman, (6) pemupukan, dan (7) musim tanam (Cicerone *et al.* 1983; Holzapfel-Pschorn *et al.* 1986; Kimura *et al.*, 1991; Neue dan Roger 1993; Romesser *et al.*, 1979; Schutz *et al.* 1989; Seiler *et al.* 1984; Yagi dan Minami, 1990; Yagi *et al.* 1990). Informasi pengaruh faktor tersebut, dan teknik budidaya padi terhadap emisi gas metana dari sawah tadah hujan Indonesia, belum banyak diketahui. Beberapa hasil penelitian yang dilaksanakan di lahan sawah tadah hujan di Jawa Tengah selama 1998 – 2001 dapat diuraikan di bawah.

PENGARUH PENERAPAN TEKNOLOGI TERHADAP GAS METANA

Varietas Padi

Emisi gas metana pada berbagai varietas padi ditentukan oleh perbedaan sifat fisiologi dan morfologi masing-masing varietas. Kemampuan varietas mengemisi gas CH₄ bergantung pada rongga aerenkhima, jumlah anakan, biomassa padi, pola perakaran, dan aktivitas metabolisme (Neue dan Roger, 1993). Masing-masing varietas memiliki umur, sifat, dan kecepatan aktivitas akar berbeda seperti daya oksidasi dan kecepatan pertukaran gas serta eksudat akar (Holzapfel-Pschorn *et al.*, 1986).

Emisi gas CH_4 ke atmosfer dari beberapa varietas yang dicobakan selama 1996 – 2000 di lahan sawah tadah hujan beragam. Keragaman tersebut berkaitan erat dengan kondisi air di lahan sawah tadah hujan. Varietas IR64 relatif menghasilkan emisi gas CH_4 rendah dibandingkan varietas lainnya yang umum digunakan petani (Tabel 1). Pelepasan varietas baru seperti Tukad Balian dan Way Oporburu memberikan harapan baru, karena kemampuannya dalam mengurangi besarnya emisi gas CH_4 ke atmosfer. Perakaran varietas tersebut diduga mempunyai daya oksidasi tinggi yang memungkinkan gas metana dioksidasi menjadi karbon dioksida.

Tabel 1. Emisi gas metana pada beberapa varietas padi di lahan sawah tadah hujan, 1996-2001

Varietas	Emisi gas CH_4 (kg/ha/musim)									
	1996/97		1997/98		1998/99		1999/00		2000/01	
	MH	MK	MH	MK	MH	MK	MH	MK	MH	MK
Cisadane	538	461	48	148	292	179	-	-	-	-
Mamberamo	440	215	40	121	124	100	-	-	-	-
IR 64	246	194	39	66	121	73	44	-	242	148
IR 36	357	-	45	101	136	99	-	-	-	-
Dodokan	412	282	-	-	75	74	-	-	-	-
IR 72	-	421	-	-	-	-	-	-	-	-
Batang anai	-	226	66	169	-	-	-	-	-	-
Muncul	-	-	-	-	146	108	-	-	-	-
Maros	-	-	31	117	-	-	-	-	-	-
Widas	-	-	-	-	-	-	61	-	-	-
Way Oporburu	-	-	-	-	-	-	60	-	200	74
Tukad Unda	-	-	-	-	-	-	-	-	139	169
Tukad Balian	-	-	-	-	-	-	-	-	134	97
Tukad Petanu	-	-	-	-	-	-	-	-	180	135
Ciherang	-	-	-	-	-	-	-	-	217	124
Cisantana	-	-	-	-	-	-	-	-	164	102

Sumber : Wihardjaka *et al.* (1999), Suharsih *et al.* (2002)

Bahan Organik

Emisi gas CH_4 dari petak dengan pupuk kandang dan kompos relatif lebih rendah dibandingkan dengan pupuk hijau dan jerami segar. Pupuk organik matang dengan nisbah C/N rendah seperti pupuk kandang dan kompos mengemisi gas CH_4 lebih rendah dari pada pupuk organik dengan nisbah C/N lebih tinggi seperti jerami segar dan pupuk hijau (Tabel 2).

Besarnya fluks CH_4 akibat pemberian bahan organik sangat tergantung pada besarnya kandungan C organik dan tingkat dekomposisinya atau nisbah C/N. Pupuk kandang di lahan sawah tadah hujan selalu diberikan terutama pada

padi gogorancah awal musim penghujan. Penggunaan pupuk kandang matang dapat memperbaiki produksi padi gogo rancah dan sekaligus menurunkan emisi gas CH₄ yang dilepaskan ke atmosfer dari lahan sawah tadah hujan.

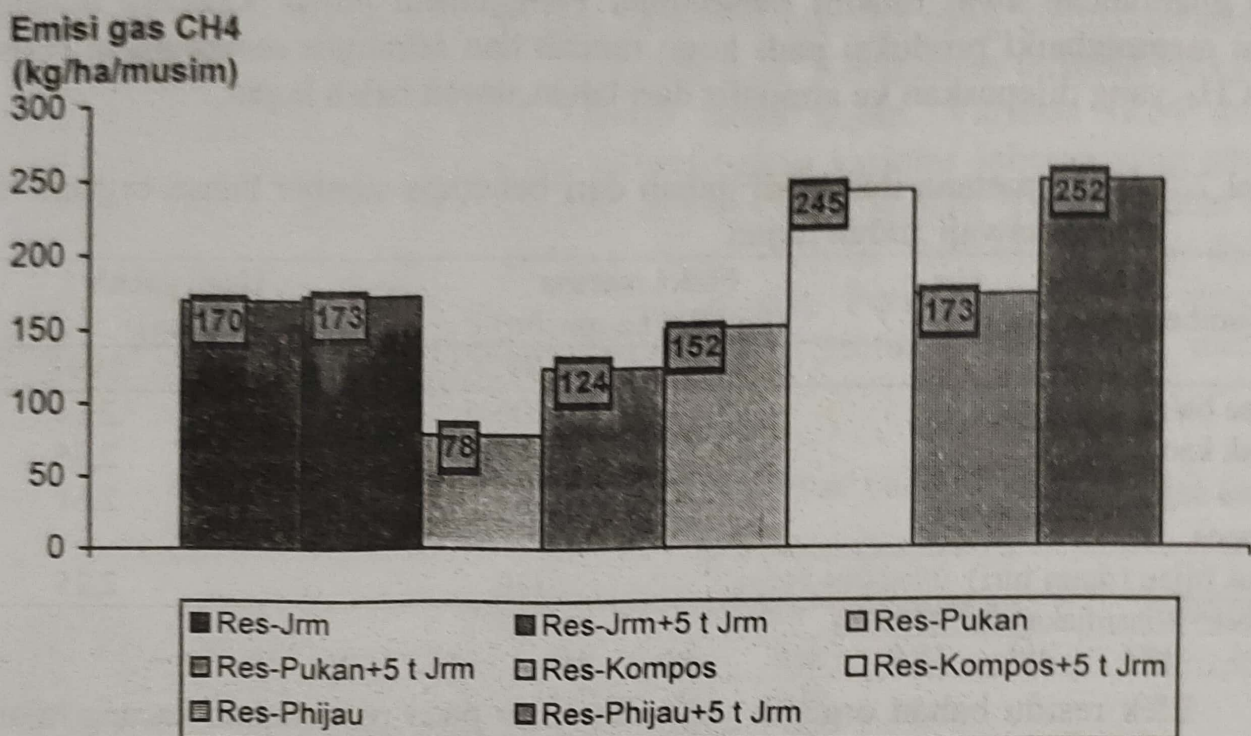
Tabel 2. Fluks metana dan hasil gabah dari beberapa sumber bahan organik di lahan sawah tadah hujan

Sumber bahan organik	Fluks metana (kg CH ₄ /ha/musim)		Hasil gabah (t/ha)	
	1996	1997	1996	1997
Tanpa bahan organik	89	200	3,13	2,14
Pupuk kandang	189	225	6,27	2,35
Jerami segar	165	340	5,90	2,61
Kompos	156	-	4,71	-
Pupuk hijau (daun turi)	-	330	-	2,25

Sumber : Wihardjaka *et al.* (1999a)

Efek residu bahan organik yang diberikan pada pertanaman kacang hijau dan pengembalian biomassa kacang hijau menghasilkan emisi gas metana lebih rendah dibandingkan dengan petakan yang sama tetapi diberi tambahan 5 t/ha jerami baru. Emisi gas metana tertinggi pada petakan dari efek residu pupuk hijau ditambah limbah kacang hijau dan penambahan jerami baru 5 t/ha. Petakan yang tanpa penambahan organik baru dapat mengemisi gas metana lebih tinggi daripada petakan yang diberi tambahan bahan organik baru, yaitu dari efek residu bahan organik jerami (Gambar 1).

Pada semua efek residu berbagai bahan organik ternyata emisi gas metana lebih tinggi pada petakan yang diberi tambahan jerami baru dibandingkan dengan tanpa penambahan jerami. Bahan organik merupakan sumber karbon dalam proses pembentukan gas metana, pembenaman jerami ke dalam tanah anaerobik akan meningkatkan produksi metana, kandungan C dan N organik. Nisbah C/N yang ada pada bahan organik jerami akan berkaitan erat dengan perkembangan bakteri methanogen di dalam tanah untuk memproduksi gas metana (Ponnamperuma, 1985).

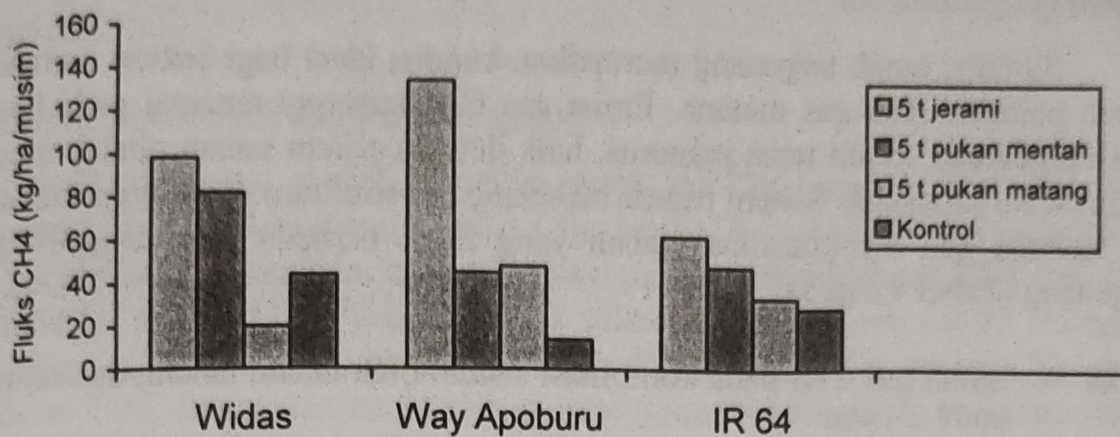


Gambar 1. Emisi gas metana dari tanah dengan pertanaman padi gogorancan dengan perlakuan jenis dan jumlah bahan organik, Jakenan, MH 1999/2000 (res = residu, jrm =jerami, pukan = pupuk kandang, phijau = pupuk hijau)

Sumber : Sasa *et al.* (2002a)

Penelitian dengan menggunakan beberapa macam pupuk organik dan 90 kg N dilaksanakan di lahan sawah tadah hujan pada musim penghujan 2000/2001. Emisi gas CH₄ dari berbagai varietas dan bahan organik disajikan dalam Gambar 2. Pemberian bahan organik berupa jerami, pupuk kandang mentah dan matang 5 t/ha, ternyata meningkatkan emisi gas CH₄ dibandingkan dengan yang dipupuk N saja. Pemberian jerami ternyata memberikan emisi gas metana tertinggi diikuti pupuk kandang mentah dan pupuk kandang matang.

Varietas IR 64, rata-rata mengemisi gas CH₄ lebih rendah dibandingkan dengan Widas dan Way Opoburu. Emisi terendah dicapai oleh varietas Way Opoburu dengan pemupukan 90 kg N/ha yaitu sebesar 13,7 kg/ha/musim, sedangkan emisi tertinggi dicapai oleh varietas yang sama dengan pemberian jerami 5 t/ha (Gambar 2).



Gambar 2. Emisi gas CH₄ dari petak perlakuan varietas padi gogorancan dan bahan organik, Jakenan, MH 2000/2001 (pukan = pupuk kandang)
Sumber : Mulyadi *et al.* (2001a)

Pupuk Anorganik

Kemampuan reduksi tertinggi diperoleh pada pemupukan ZA 2 atau 3 kali dengan rata-rata kemampuan reduksi sebesar 10,7 dan 17,3 % dibandingkan dengan tanpa pupuk N. Pemupukan urea pril 2 atau 3 kali dan urea tablet hanya mereduksi metana masing-masing sebesar 6,9; 8,0; 4,1 %. Hasil gabah padi sawah tadah hujan relatif tinggi dengan pemberian pupuk ZA (Tabel 3). Pupuk N yang mengandung sulfat menyebabkan terjadinya persaingan antara bakteri metanogen dan bakteri pereduksi sulfat dalam memperoleh hidrogen. Pupuk urea yang diberikan ke dalam tanah dihidrolisis oleh enzim urease menjadi CO₂ dan NH₃, mengakibatkan peningkatan pH ke arah alkalis dan penurunan redoks potensial yang diduga dapat meningkatkan emisi gas metana (Schultz *et al.*, 1989).

Tabel 3. Pengelolaan pupuk N di lahan sawah tadah hujan terhadap emisi gas CH₄ dan hasil gabah, 1997-1998

Pengelolaan pupuk N	Emisi CH ₄ (kg/ha/musim)		Hasil Gabah (t/ha)	
	1997/98	1998	1997/98	1998
Tanpa N	207	185	3,15	3,79
Urea Prill, 2x	188	176	5,81	4,46
Urea Prill, 3x	186	174	5,81	4,76
ZA, 2x	181	168	6,63	4,46
ZA, 3x	175	164	6,68	5,86
Urea Tablet, 1x	197	184	7,62	4,83

Sumber : Setyanto *et al.* (1999)

Sistem Pengaturan Air

Kondisi tanah tergenang merupakan kondisi ideal bagi bakteri metanogen dalam pembentukan gas metana. Emisi gas CH_4 tertinggi tercapai pada kondisi tanah digenangi secara terus menerus, baik dengan sistem tanam pindah maupun tanam sebar langsung. Sistem irigasi berselang (intermitten) dapat menekan emisi gas metana dan menghasilkan gabah yang tidak berbeda jauh dengan sistem tergenang (Tabel 4 dan 5).

Tabel 4. Emisi gas CH_4 pada kombinasi sistem olah tanah, tanam, dan rejim air 1997 – 1999

Perlakuan	Emisi gas CH_4 (kg/ha/musim)			
	1997	1997/98	1998/99	1999
OTS, tapin, tergenang	100	146	93	318
OTS, tapin, intermiten	35	46	68	160
OTS, tabela, intermiten	31	46	56	98
OTS, tabela, tergenang	94	92	74	106
OTS, tabela, macak-macak	75	65	-	-
TOT, tabela, intermiten	21	19	42	69
TOT, tabela, tergenang	-	-	57	75

Sumber : Suharsih *et al.* (1999; 2001)

Tabel 5. Hasil gabah Mamberamo pada kombinasi olah tanah, tanam, dan rejim Air, 1997-1999

Perlakuan	Hasil gabah(t/ha)			
	1997	1997/98	1998/99	1999
OTS, tapin, tergenang	6,39	3,20	6,12	4,53
OTS, tapin, intermiten	5,70	2,98	6,12	4,63
OTS, tabela, intermiten	5,44	3,31	5,61	4,76
OTS, tabela, tergenang	6,59	3,35	6,06	4,84
OTS, tabela, macak-macak	5,89	3,15	-	-
TOT, tabela, intermiten	6,22	2,99	5,92	4,51
TOT, tabela, tergenang	-	-	5,81	4,40

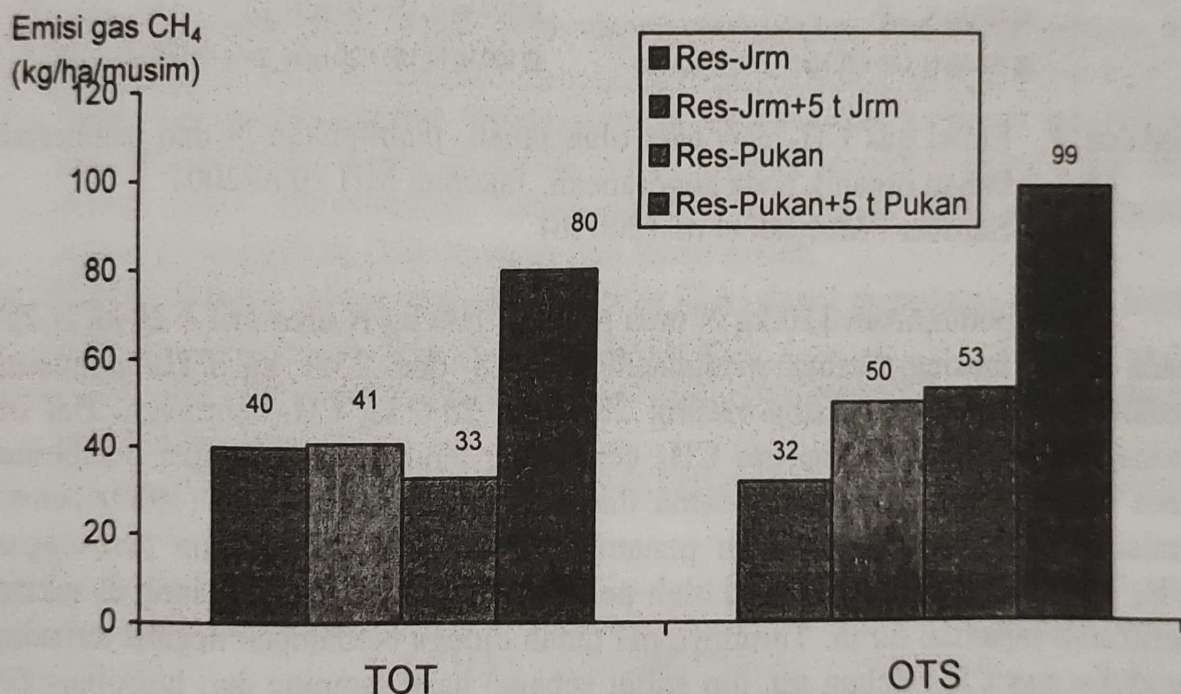
Sumber : Suharsih *et al.* (1999; 2001)

Sistem olah tanah dan pemberian jerami segar 5 t/ha menghasilkan emisi gas metana lebih tinggi dibandingkan dengan sistem olah tanah tanpa pemberian jerami segar pada musim tanam padi gogorancah MH 1999/2000 (Gambar 3). Jerami yang dikembalikan ke dalam tanah akan terdekomposisi digunakan bakteri

methanogen untuk memperoleh sumber energi dan karbon dalam pembentukan gas metana.

Kombinasi Olah Tanah dan Bahan Organik

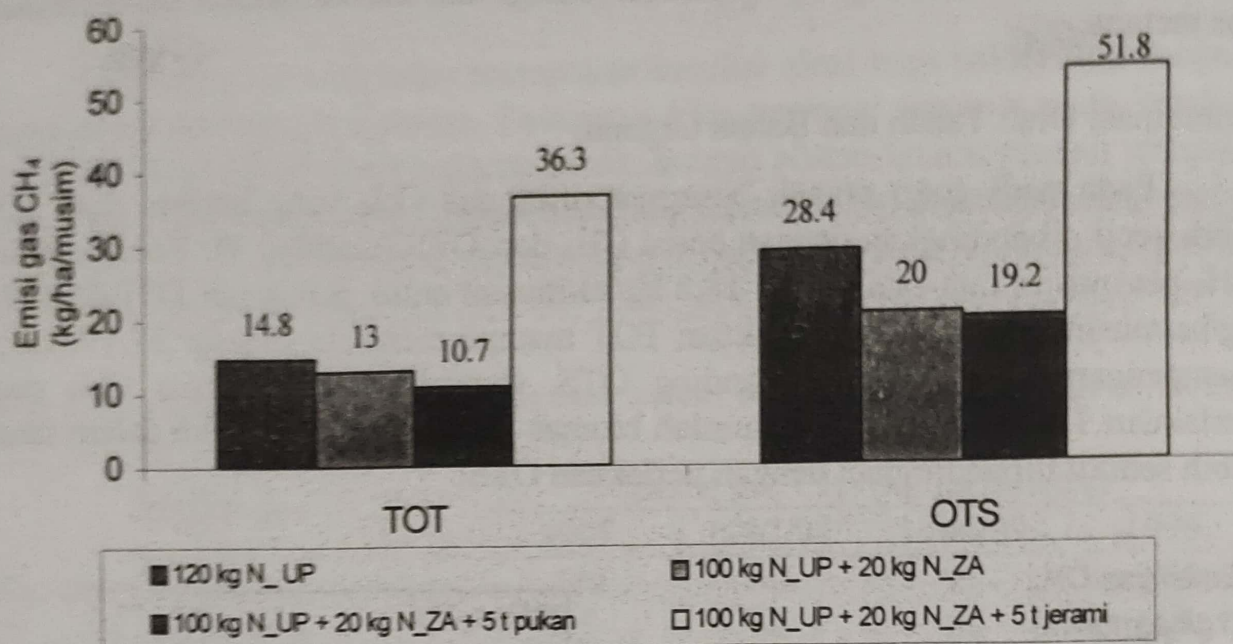
Pada padi gogo rancah besarnya emisi gas CH_4 yang berasal dari TOT lebih kecil dibandingkan dengan emisi CH_4 dari OTS (Gambar 4). Volume emisi CH_4 per musim rata-rata adalah 18,8 kg/ha/musim untuk perlakuan TOT dan 29,9 kg/ha/musim untuk OTS. Perlakuan TOT mampu menekan sebesar 37,1% tanpa mempengaruhi hasil padi dibanding OTS. Rendahnya nilai emisi CH_4 pada perlakuan TOT diduga karena jumlah biomas yang dikembalikan ke dalam tanah lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan OTS.



Gambar 3. Emisi gas CH_4 pada kombinasi sistem olah tanah dan bahan organik pada padi gogorancan di Jakenan selama MH 1999/2000 (Res = residu bahan organik musim sebelumnya, jrm = jerami, pukan = pupuk kandang)

Sumber : Mulyadi *et al.* (2002)

Emisi gas CH_4 terendah pada TOT maupun OTS berasal dari pemupukan 100 kg N urea pril + 20 kg N ZA + 5 t/ha pupuk kandang masing-masing 10,7 dan 19,2 kg CH_4 /ha/musim, sedangkan tertinggi berasal dari pemupukan 100 kg N urea pril + 20 kg N ZA + 5 t/ha jerami, masing-masing 36,3 dan 51,8 kg CH_4 /ha/musim (Gambar 4).



Gambar 4. Emisi gas CH₄ dari cara olah tanah, pemupukan N dan pemberian bahan organik pada gogorancah, Jakenan MH 2000/2001
Sumber : Mulyadi *et al.* (2001b)

Dari pemupukan 120 kg N urea pril dan 100 kg N urea pril + 20 kg N ZA pada TOT masing-masing menghasilkan 14,8 dan 13,2 kg CH₄/ha/musim, sedangkan dari OTS masing-masing 28,4 dan 20,0 kg CH₄/ha/musim. Hal ini menunjukkan bahwa emisi gas CH₄ cenderung lebih rendah dengan pemberian urea tablet dan ZA. Hal yang sama dikemukakan Schultz *et al.* (1989) bahwa emisi CH₄ makin kecil dengan penambahan urea. Diduga karena penyerapan NH₄⁺ oleh tanaman akan diikuti oleh pelepasan H⁺, sehingga pH tanah di sekitar perakaran tanaman turun. Turunnya pH tanah diduga berdampak negatif terhadap produksi gas CH₄. Selain itu, ion sulfat sebagai hasil samping dari hidrolisis ZA dapat memperlambat penurunan redoks potensial (Eh) tanah yang kemungkinan disebabkan oleh reoksidasi sulfit menjadi sulfat sehingga Eh tanah cenderung tinggi. Sulfat dan sulfit juga diduga toksik bagi bakteri methanogen.

Pemberian pupuk N berperan penting dalam memperbaiki pertumbuhan tanaman padi. Sementara itu, pemupukan N berdampak negatif terhadap pembentukan gas CH₄ di dalam tanah, dalam arti semakin baik pertumbuhan tanaman padi semakin besar kemampuannya menekan pembentukan gas CH₄. Penyebab terhambatnya emisi gas CH₄ diduga karena proses difusi oksigen ke lapisan reduksi tanah lebih baik, sehingga gas yang terbentuk dioksidasi oleh bakteri pereduksi CH₄ yang sangat aktif dengan adanya oksigen pada kondisi anaerobik. Dengan kata lain, CH₄ yang terbentuk sebagian teroksidasi sebelum terlepas ke atmosfer. Selain itu, pupuk N yang mengandung sulfat (ZA) dapat

menyebabkan terjadinya persaingan antara bakteri methanogen dengan bakteri pereduksi sulfat dalam memperoleh hidrogen, sehingga pembentukan CH_4 terhambat (Schultz *et al.*, 1989).

KESIMPULAN

1. Penggunaan varietas padi yang berdaya hasil tinggi, pengelolaan pupuk organik dan anorganik, dan perbaikan sistem olah tanah pada tanah sawah tadah hujan dapat meningkatkan produksi. Akan tetapi dapat berdampak meningkatkan emisi gas metana ke atmosfer.
2. Varietas Tukad Balian, Way Apoburu, Maros, Widas merupakan varietas-varietas yang relatif cocok untuk dibudidayakan di lahan sawah tadah hujan, selain berdaya hasil tinggi juga dapat mengurangi pelepasan metana ke atmosfer.
3. Pemberian pupuk organik matang (pupuk kandang dan kompos) mengemisi gas metana lebih rendah daripada pupuk organik mentah (jerami segar dan pupuk hijau). Penambahan bahan organik segar pada lahan sawah tadah hujan meningkatkan fluks metana dari lahan sawah.
4. Pupuk nitrogen yang mengandung sulfur (ZA) dapat mereduksi metana lebih besar daripada pupuk urea pril dan urea tablet.
5. Emisi gas metana pada pengairan berselang lebih rendah daripada pengairan secara terus menerus.
6. Sistem tanpa olah tanah mengemisi gas metana lebih rendah daripada sistem olah tanah sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Cicerone, R.J., J.D. Shetterand, and C.C. Delwiche. 1983. Seasonal variation of methane flux from a California rice paddy. *J. Geophys. Res.* 88:11022-11024.
- Cicerone, R.J, and R.S. Oremland. 1988. Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biogeochem. Cycles* 2 : 299-327.
- Fagi, A.M. 1995. Strategies for improving rainfed lowland rice production system in Central Java. Pages 189-200 in Ingram, K.T. (ed.). *Rainfed Lowland Rice: Agricultural Research for High-Risk Environments*. Inter. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Holzapfel-Pschorn, A.R., Conrad, and W. Seiter. 1986. Effect of vegetation on the emission of methane from submerged rice paddy soil. *Plant and Soil* 92:223-233.

IPCC. 1992. Methane emission and opportunities for control : Workshop result of Intergovernmental Panel and Climate Change. JAE & EPA. September 1991.

IRRI. 1992. Challenges and opportunities in a less favorable ecosystem: Rainfed lowland rice. IRRI Information Series No. 1. Los Banos, Philippines. 16p.

IRRI. 1993. 1993-1995 IRRI Rice Almanac. Inter. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Ismunadji, M and Suprpto. 1990. Potash boosts rice production. *Better Crops Inter.* 6(2): 3-5.

Khalil, M. A. K., R. A. Rasmusen, M.X. Wang, and L. Ren. 1990. Emissions of trace gases from Chinese rice fields and biogas generators: CH₄, NO, CO, CO₂, chlorocarbons and hydrocarbons. *Themosphere* 202207-226.

Kimura, M., Y. Miura, A. Watanabe, T. Katoh, and H. Haraguchi. 1991. Methane emission from paddy field (Part 1). Effect of fertilization, growth stage and midsummer drainage: Pot experiment. *Environ. Sci.* 4:265-271.

Minami, K. 1994. Effect of nitrification inhibitors and slow-release fertilizer on emission of nitrous oxide from fertilized soils. In CH₄ and N₂O : Global Emissions and Controls from Rice Fields and Other Agricultural and Industrial Sources, NIAES. pp. 187-196

Mosier, A.R., K.F. Bronson, J.R. Freney, and D.G. Keeerthisinghe. 1994. Use nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emission from urea fertilized soils. In CH₄ and N₂O : Global Emissions and Controls from Rice Field and Other Agricultural and industrial Sources, NIAES. p. 187-196.

Mulyadi, R. Nuriwan, I.J. Sasa, dan S. Partohardjono. 2001a. Emisi gas metan dari berbagai varietas dan bahan organik di lahan sawah tadah hujan. Laporan Hasil Penelitian T.A. 2000. Lolittan Jakenan. 15 hal.

- Mulyadi, Suharsih, dan I.J. Sasa. 2001b. Emisi gas metan dari cara olah tanah, pemupukan N dan pemberian bahan organik pada gogorancan. Laporan Hasil Penelitian MH 2000/2001. Lolittan Jakenan. 16 hal.
- Mulyadi, Suharsih, I.J. Sasa, dan P. Setyanto. 2002. Penggunaan bahan organik pada padi dan emisi gas metan dari lahan sawah. Prosiding Seminar Nasional Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Puslitbangtan. Bogor. p. 71-78.
- Neue, H.U. and P.A. Roger. 1993. Rice agriculture: Factors controlling emission. *In* : M.A.K. Khalil and M. Shearer (eds). Global Atmospheric Methane. NATO ASI/ARW Series.
- Neue, H.U., and H.W. Scharpenseel. 1990. Gaseous product of the decomposition of organic matter in submerged soils. Organic Matter & Soil. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines. p. 311-328.
- Ponnamperuma, F.N. 1985. Straw as a source of nutrients for wetland rice. Organic Matter and Rice. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines. 311-328.
- Romesser, J.A., R.S. Wolfe, F. Mayer, E. Spiess, and A. Walther-Mauruschal. 1979. *Methanogenium*, a genus of marine methanogenic bacteria, and characterization of *Methanogeniummarisnigrisp*. Nov. Arch. Microbiol. 121:147-153.
- Sasa, I. J., Mulyadi, dan Soetjipto Ph. 2002. Pengaruh pemberian pupuk organik dan limbah tanaman terhadap hasil padi gogorancan dan emisi gas metan. Prosiding Seminar Nasional Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Puslitbangtan. Bogor. p. 65-70
- Sasa, I.J., Mulyadi, Titi Sopiawati, dan Soetjipto Ph. 2002. Pengaruh residu pupuk organik dan limbah tanaman terhadap hasil dan emisi gas metan dari padi gogorancan. Prosiding Seminar Nasional Sistem Produksi Pertanian Ramah Lingkungan. Puslitbangtan. Bogor. p. 314-320

- Sastrosoedardjo, S., dan Tohari. 2001. Pengelolaan lahan sawah tadah hujan untuk keberlanjutan sistem produksi. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Jakenan, 7 Maret 2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p 4-7.
- Schultz. 1989. A. three years continuous record of the influence of daytime, season and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy field. J. Geophys. Res. 94:16405
- Schutz, H., A. Holzapfel-Pshorn, R. Conrad, H. Rennenberg, and W. Seiler. 1989. A 3-year continuous record on the influence of daytime season and fertilizer treatment on methane emission rate from an Italian rice paddy field. J. Geophysical Res. 94:16405-16416.
- Seiler, W., A. Holzapfel-PSchorn, R. Conrad, and D. Scharffe. 1984. Methane emission from rice paddies. J. Atmos. Chem. 1:241-268.
- Setyanto, P, A.K. Makarim, and A.M. Fagi. 1997 . Methane emission from rainfed rice fields at Jakenan, Central Java as affected by organic matter and water condition. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. Vol.16(1):19-25.
- Setyanto, P., Suharsih, A. Wihardjaka, dan A. K. Makarim. 1999. Pengaruh pemberian pupuk anorganik terhadap emisi gas metan pada lahan sawah. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah. Puslitbangtan. Bogor. Pp. 36-43.
- Suharsih, P. Setyanto, dan A.K. Makarim. 1999. Emisi gas metan dari lahan sawah akibat pengaturan air tanaman padi. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah. Puslitbangtan. Bogor. p. 54-61.
- Suharsih, P. Setyanto, A.K. Makarim. 2001. Pengaruh pengelolaan air terhadap emisi gas CH₄ pada lahan sawah di Jakenan, Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Puslitbangtan. Bogor. p 61-66.

- Suharsih, T. Soepiawati, dan A.K. Makarim. 2002. Pengaruh cara pengolahan tanah dan pengaturan air terhadap emisi gas metan pada lahan sawah irigasi. Prosiding Seminar Nasional Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Puslitbangtan. Bogor. p. 59-64
- Suprihatno, B., H. Pane, S. Abdulrachman, and S. Sarkarung. 1995. Rice genotype selection for low-fertility, drought-prone rainfed lowlands. Pages in Ingram, K.T. (ed.). Rainfed Lowland Rice: Agricultural Research for High-Risk Environments. Inter. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines. 45-54.
- Wihardjaka, A., P. Setyanto, A.K. Makarim. 1999a. Pengaruh penggunaan bahan organik terhadap hasil padi dan emisi gas metan pada lahan sawah. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah. Puslitbangtan. Bogor. p. 44-53.
- Wihardjaka, A., P. Setyanto, A.K. Makarim. 1999b. Pengaruh beberapa varietas padi terhadap emisi gas metan pada lahan sawah. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah. Puslitbangtan. Bogor. p. 62-71.
- Yagi, K., and K. Minami. 1990. Effect of organic matter application of methane emission from some Japanese paddy fields. Soil Sci. Plant Nutr. 36: 599-610.
- Yagi, K., K. Minami, and G.R. Breitenbeck. 1990. Emission and production of methane from paddy fields. Transactions of the 14th International Congress of Soil Science. Vol. II, International Society of Soil Science, Koyoto, 238-243.