

EMISI METAN DARI RESIDU PUPUK KANDANG, JERAMI DAN OLAH TANAH PADA LAHAN PADI GOGO RANCAH

Mulyadi, Ali Pramono dan J. Johari Sasa
Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian

ABSTRAK

Lahan sawah tadah hujan di Jawa Tengah, khususnya kabupaten Pati dan Rembang umumnya bertekstur ringan pada lapisan olah, kandungan C-organik rendah dan kation dapat dipertukarkan rendah. Pemberian bahan organik (BO) sangat berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah baik secara fisik, kimia maupun biologis. Di sisi lain BO merupakan sumber terbentuknya gas metan. Makin banyak BO yang diberikan peluang terbentuknya gas metan semakin tinggi. Emisi gas CH_4 dari lahan sawah dan berbagai sumber lainnya di bumi, lambat laun dapat menimbulkan efek rumah kaca dan menyebabkan pemanasan bumi secara global. Kondisi demikian akan memberi dampak buruk terhadap sektor pertanian. Melalui budidaya padi gogo rancah dengan olah tanah dan pemberian bahan organik (residu), adalah untuk memperoleh hasil gabah yang optimal dan emisi gas metan yang rendah. Penelitian dilaksanakan pada MT 2001/2002 di lahan sawah tadah hujan tanah Inceptisol, yang musim sebelumnya ditanami kedelai menggunakan rancangan petak terpisah tiga ulangan. Sebagai petak utama adalah pengolahan tanah, yaitu olah tanah minimum (T_1) dan olah tanah sempurna (T_2), sedangkan sebagai anak petak adalah residu bahan organik, meliputi (O_1) residu jerami, residu pupuk kandang (O_2) dan tanpa BO (O_3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa olah tanah sempurna (OTS) menghasilkan rata-rata emisi gas metan lebih tinggi dari olah tanah minimum (OTM), masing masing sebesar 42,88 dan 34,49 $\text{mgCH}_4/\text{m}^2/\text{hari}$. Demikian pula hasil gabah pada OTS lebih tinggi dari OTM yaitu sebesar 4,45 dan 4,14 t/ha. Residu pupuk kandang mengemisi sebesar 48,14 $\text{mgCH}_4/\text{m}^2/\text{hari}$, lebih tinggi dibandingkan residu jerami dan tanpa BO, masing-masing sebesar 44,22 dan 23,69 $\text{mg CH}_4/\text{m}^2/\text{hari}$. Sedangkan hasil gabah dari residu pupuk kandang, residu jerami dan tanpa BO masing-masing sebesar 4,72; 4,52; dan 3,65 t/ha.

PENDAHULUAN

Luas lahan sawah di Indonesia 8,97 juta ha atau 6,8% dari luas total luas lahan sawah dunia dan diduga mengemisi gas metan (CH_4) sekitar 5,8-9,8 Tg/tahun (Japan Enviromental Agency, 1992), 3,4-7,5 Tg/tahun (IRRI, 1992), 2,54 Tg/tahun (ALGAS, 1998), 6,40 Tg/tahun (Kantor Menteri Negara

Lingkungan Hidup, 1999). Selanjutnya Kantor Menteri Lingkungan Hidup (1999), melaporkan bahwa sumber utama gas metan berasal dari sektor pertanian yaitu $\pm 1\%$. Dari jumlah tersebut 70% berasal dari areal pertanaman padi. Gas metan merupakan hasil proses dekomposisi anaerobik bahan organik dan eksudat akar oleh mikroorganisme tanah. Gas metan dapat mengakibatkan dampak sampingan bersama-sama dengan gas rumah kaca (GRK) lainnya meningkatkan efek rumah kaca (ERK), sehingga suhu permukaan bumi meningkat (*global warming*).

Lahan sawah tadah hujan di Jawa Tengah, khususnya kabupaten Pati dan Rembang umumnya bertekstur ringan pada lapisan olah, kandungan C-organik rendah dan kation dapat dipertukarkan rendah (Tirtoutomo *et al.*, 2000). Upaya untuk meningkatkan produktifitas lahan sawah tadah hujan dilakukan dengan penambahan bahan organik. Namun disisi lain makin meningkatnya pemberian bahan organik akan meningkat pula emisi gas metan. Pemberian bahan organik meningkatkan emisi metan sekitar 1,2-12,8 mg/m²/jam selama musim tanam padi dibandingkan dengan tanpa pemberian bahan organik. Mudiyarso *et al.* (1995), melaporkan bahwa pemberian jerami segar 7,5 t/ha menghasilkan emisi metan sekitar 33,50 mg/m²/jam cenderung lebih tinggi dibandingkan tanpa bahan organik.

Budidaya padi gogo rancak, menurut petani mutlak harus dilakukan. Arsyad, (1989) cit Arbiwati dan Waluyo, (2001), menyatakan pengolahan tanah merupakan tindakan manipulasi mekanik terhadap tanah yang diperlukan untuk menciptakan keadaan tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Dengan pengolahan tanah diharapkan dapat meningkatkan aerasi, pertumbuhan gulma menurun, ketersediaan hara meningkat, pertumbuhan tanaman baik, sehingga produksi meningkat. Namun dengan olah tanah yang intensif hingga tanah melumpur membutuhkan waktu, tenaga dan biaya yang tinggi. Selain itu pengolahan tanah yang intensif akan menciptakan pelumpuran yang sempurna, menurunkan laju perkolasi tanah dan berakibat meningkatnya emisi gas CH₄. Mulyadi. (2000), melaporkan bahwa olah tanah sempurna mengakibatkan laju emisi gas CH₄ meningkat 18,57 % dibandingkan tanpa olah tanah. Aktivitas bakteri metanotrop dalam mengoksidasi metan dipengaruhi oleh agregat tanah. Pemadatan akibat dari pengolahan tanah dengan menggunakan traktor dapat menurunkan laju emisi metan sampai 52%.

Dari uraian diatas, diperlukan teknik pengelolaan tanah dan bahan organik yang efisien dan efektif yang emisi metan rendah dan dapat memberikan hasil gabah yang optimal.

BAHAN DAN METODA

Penelitian dilaksanakan pada lahan sawah tadah hujan dengan jenis tanah Inceptisol di Instalasi Kebun Percobaan Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian MT. 2001/2002, menggunakan rancangan petak terpisah, ulangan tiga. Sebagai petak utama adalah cara pengolahan tanah, yaitu olah tanah minimum (T_1) dan olah tanah sempurna (T_2), sedangkan anak petak yaitu residu jerami (O_1), residu pupuk kandang (O_2), dan tanpa bahan organik (O_3). Olah tanah minimum (OTM) dilakukan dengan cara tanah dibajak sekali kemudian digaru atau diratakan, sedangkan olah tanah sempurna (OTS), yaitu tanah dibajak dan digaru tiga kali, sampai tanah benar-benar gembur. Biomasa tanaman kedelai hasil panen musim tanam sebelumnya ditanam bersamaan pengolahan tanah. Benih padi varietas IR 64 ditanam secara tabur benih langsung (tabela) pada petakan ukuran 4 m x 5 m, dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm. Pemupukan menggunakan N (ZA), P (SP 36) dan K (KCl) masing-masing dengan takaran 90 kg N, 60 kg P_2O_5 , dan 90 kg K_2O /ha. Pupuk P diberikan semuanya saat tanam. Pupuk N diberikan tiga kali, 1/3 bagian diberikan pada saat tanam, 1/3 bagian saat 28 hari setelah tanam (hst), dan 1/3 bagian saat 50 hst. Pupuk K diberikan dua kali, yaitu 1/2 bagian diberikan saat 28 hst dan 1/2 bagian diberikan saat 50 hst (primordia). Pengendalian hama dilakukan berdasar analisis ekonomi dan dengan mempertimbangkan kondisi lapangan. Penyiangan dilakukan secara manual; pertama menggunakan cangkul (dangir), penyiangan ke dua dan ketiga pakai tangan (matun). Parameter yang diamati meliputi : emisi gas CH_4 , redok potensial (Eh), pH, dan suhu tanah serta hasil gabah. Sebelum pengamatan gas CH_4 , pada setiap petak percobaan dipasang titian (bangku kayu) sebagai pijakan untuk pengambilan sampel gas. Keluaran gas ditampung dalam bok berukuran 40 cm x 40 cm x 60 cm dan 40 cm x 40 cm x 110 cm, disesuaikan dengan tinggi tanaman. Contoh gas diambil pada 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, dan 17 minggu setelah tanam, menggunakan jarum suntik berukuran 5 ml dengan interval 5, 10, 15, dan 20 menit setelah peletakan bok. Selama pengambilan sampel gas, permukaan tanah tempat bok dibuat sedemikian rata sehingga saat dilakukan penyungkupan tidak terjadi kebocoran gas. Contoh gas dianalisis menggunakan gas kromatografi pada suhu injektor 110°C dan suhu kolom 90°C. Pengamatan suhu, Eh, pH tanah dilakukan bersamaan dengan pengamatan gas CH_4 . Besarnya laju emisi CH_4 dalam boks atau di lokasi penelitian pada saat pengamatan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = (\delta c / \delta t) \{ h \cdot MW \cdot T_{st} \} / \{ MV \cdot (T_{st} + T) \}$$

Keterangan :

E = laju emisi CH_4 (mg/m^2 /menit)

$\delta c / \delta t$ = perubahan konsentrasi CH_4 antara t_1 dengan t_{1+1}

h = tinggi efektif boks penampung gas (100-FK)

MW = berat molekul CH_4 ($16,123 \times 10^3$ mg)

T_{st} = suhu standar ($273^{\circ}C$)

MV = volume molekul CH_4 ($22,41 \times 10^{-3} m^3$)

T = suhu di dalam boks saat pengukuran ($^{\circ}C$)

Nilai FK (faktor koreksi) disubstitusikan ke dalam nilai tinggi (h) setelah dikonversi dari volume kayu yang ada dalam bok penampung gas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi Gas Metan dan Hasil Gabah

Dari uji statistik, olah tanah minimum (OTM) maupun olah tanah sempurna (OTS), residu bahan organik mengemisi gas CH_4 lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemberian bahan organik (Tabel 1). Residu pupuk kandang dengan dua cara olah tanah (OTM dan OTS) mengemisi gas CH_4 sedikit lebih tinggi daripada residu jerami. Hal yang sama dilaporkan pada penelitian lain bahwa pemberian bahan organik meningkatkan emisi metan sekitar 1,2-12,8 mg/m^2 /jam, selama musim tanam padi dibandingkan dengan tanpa penambahan bahan organik. Ponnamperna (1972), melaporkan bahwa penambahan bahan organik pada tanah sawah akan meningkatkan emisi CH_4 . Hal ini berkaitan dengan ketersediaan C-organik dalam tanah, aktivitas mikroorganisme dan pertukaran gas ke atmosfer. Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah pada tahap awal dekomposisi menghasilkan asam-asam organik (laktat, asetat, propionat, dan suksinat) dan tahap akhir menghasilkan gas metan dan karbondioksida.

Dari cara olah tanah, OTS mengemisi gas CH_4 lebih tinggi dari OTM. Pengolahan tanah pada budidaya padi sawah akan menciptakan keadaan tanah yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman, yaitu keadaan melumpur dan tergenang. Hal ini akan menciptakan kondisi reduktif yang mendukung perkembangan bakteri metanogenik untuk memproduksi metan (Mulyadi, 2000). Meningkatnya emisi gas CH_4 dari pengolahan tanah yang sempurna, diduga

disebabkan oleh terciptanya penggemburan atau pelumpuran yang baik, yang akan mengubah struktur tanah dan pori-pori makro menjadi pori-pori mikro, sehingga menurunkan porositas tanah dan permiabilitas tanah. Dengan adanya tambahan air hujan akan mengakibatkan difusi oksigen ke dalam tanah terhambat, aktivitas bakteri aerob (metanotrop) terhenti dan bakteri anaerob metanogen menjadi aktif, sehingga pembentukan dan emisi metan meningkat.

Tabel 1. Emisi gas CH₄ dan hasil gabah dari cara pengolahan tanah dan residu bahan organik pada padi gogorancan

Perlakuan	Emisi CH ₄ (mg/m ² /hari)		Hasil gabah (t/ha)	
	OTM	OTS	OTM	OTS
Residu jerami	39,00 b *	49,43 a	4,49 a	4,55 a
Residu pupuk kandang	44,42 a	51,86 a	4,66 a	4,77 a
Tanpa BO	20,04 c	27,24 b	3,26 b	4,03 a

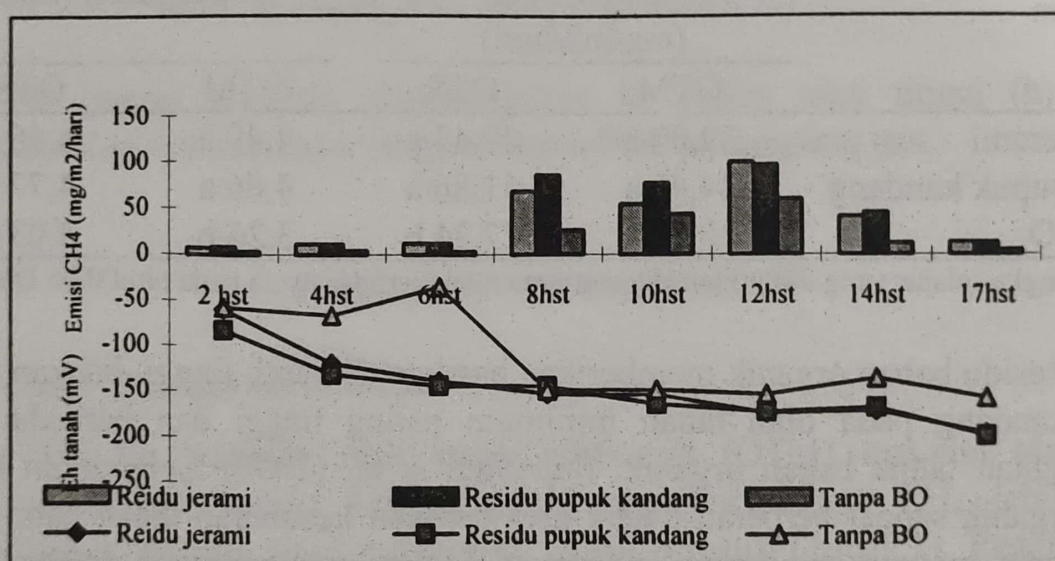
* Angka-angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT

Residu bahan organik memberikan hasil gabah lebih tinggi, bahkan residu pupuk kandang pada olah tanah minimum paling tinggi dan berbeda nyata dibandingkan tanpa bahan organik. Supriyadi *et al.* (2002) melaporkan bahwa bahan organik sangat berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah baik secara fisik, kimia maupun biologis. Pemberian pupuk kandang akan meningkatkan ketersediaan unsur nitrogen, fosfor, kalium, unsur mikro serta memperbaiki pertumbuhan akar tanaman. Selanjutnya Agus (1999), menyatakan bahwa penggunaan 10-15 t/ha pupuk kandang dapat menyumbangkan hara sebanyak 26 kg N, 60 kg P dan 10 kg K, sehingga dapat menyediakan sebagian kebutuhan hara bagi tanaman.

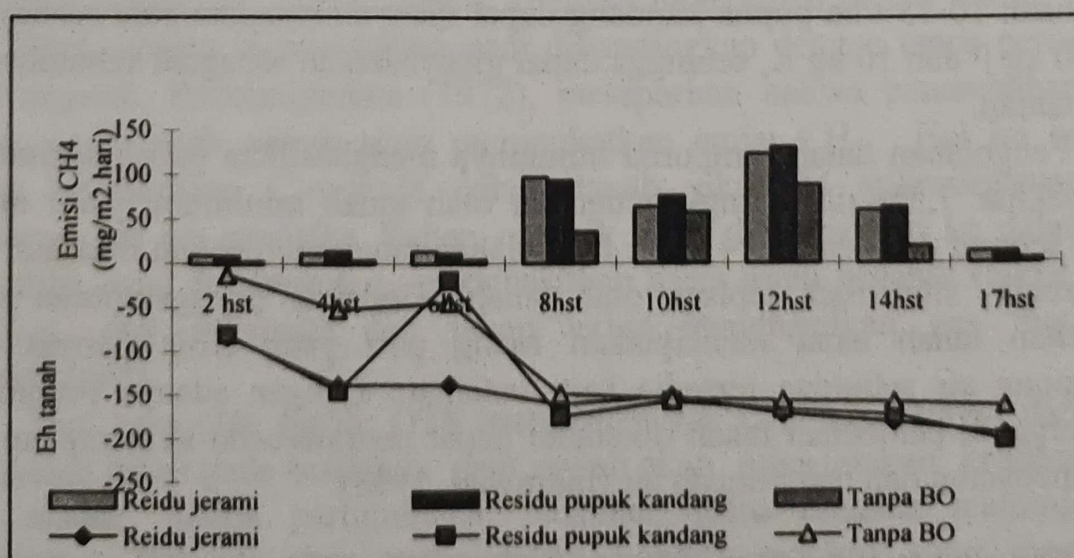
Pengolahan tanah sempurna umumnya menghasilkan gabah sedikit lebih tinggi sekitar 7,5% dibandingkan dengan olah tanah minimum, yaitu masing-masing sebesar 4,45 dan 4,14 t/ha.. Pengolahan tanah merupakan tindakan untuk memperbaiki sifat fisik lapisan olah tanah. Tindakan penggemburan selama pengolahan tanah akan menciptakan ruang pori yang lebih banyak untuk menampung air sehingga tersedia bagi tanaman. Dengan adanya penambahan bahan organik pembenah tanah diketahui dapat memperbaiki kemampuan tanah dalam menyerap dan menyimpan air (Indrawati, 1998).

Redok Potensial Tanah dan Emisi CH₄ Harian

Proses reduksi dalam tanah disebabkan oleh tidak adanya oksigen dalam tanah, dekomposisi bahan organik, dan aktivitas bakteri anaerob. Kecepatan dan besarnya reduksi dalam tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah, suhu, pH tanah, keadaan dan kandungan akseptor elektron (Ponnamperuna, 1972). Jadi potensial redoks merupakan ukuran intensitas oksidasi atau reduksi, sehingga tanah yang tergenang dicirikan dengan Eh yang rendah atau negatif. Pada tanah yang tidak tergenang (kondisi oksidasi), mempunyai nilai Eh antara +400 sampai +700mV, sedangkan pada tanah yang tergenang (reduksi) mempunyai nilai Eh berkisar -150 sampai -300mV (Wang *et al.*, 1993).



Gambar 1. Emisi CH₄ harian dan Eh tanah dari olah tanah minimum (OTM) pada padi gogorancan

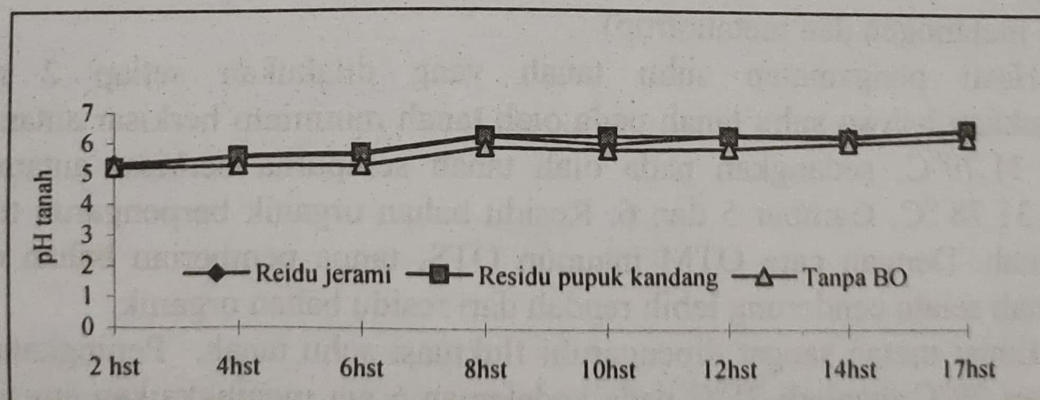


Gambar 2. Emisi CH₄ harian dan Eh tanah dari olah tanah minimum (OTS) pada padi gogorancan

Pengukuran Eh tanah dilakukan bersamaan waktunya dengan emisi gas metan harian, yaitu dengan interval 2 minggu sekali hingga menjelang panen. Pada olah tanah minimum nilai minimum Eh tanah -35.68 mV dan maksimum -199 mV (Gambar 1). Sedangkan olah tanah sempurna nilai minimum Eh tanah -12.17 mV dan maksimum -204,2 mV (Gambar 2). Selama pertumbuhan tanaman, emisi metan meningkat dan diikuti dengan turunnya nilai Eh tanah baik pada OTM maupun OTS. Hal ini terlihat dari pengamatan awal 2 sampai 6 minggu setelah tanam (mst), emisi metan berkisar antara 2,95 sampai 16,17 mg/m²/hari. Emisi metan meningkat setelah tanaman berumur 8 sampai 12 mst yaitu berkisar antara 29,35 sampai 145,03 mg/m²/hari, kemudian emisi metan menurun hingga tanaman panen. Demikian pula pada Eh tanah, meningkatnya emisi metan selalu diikuti turunnya Eh tanah kecuali saat tanaman berumur 2-6 mst, dimana residu bahan organik nilai Eh cenderung naik.

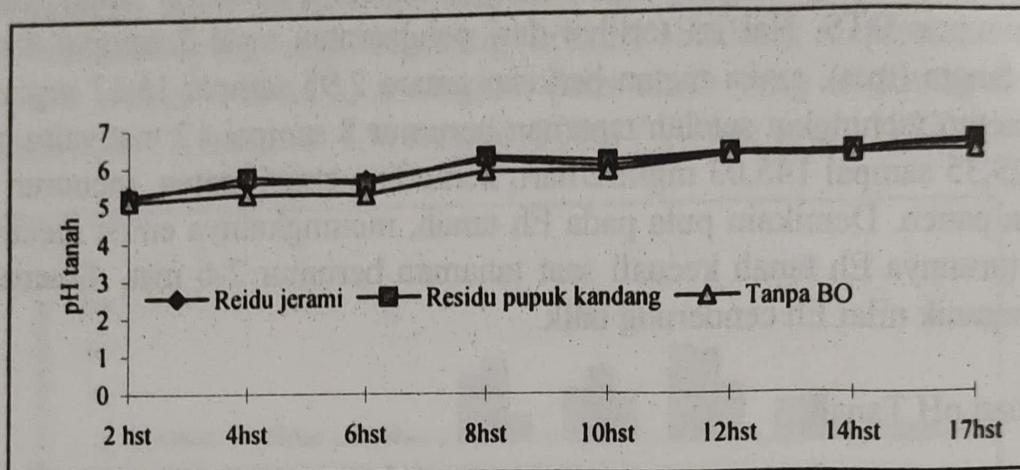
Perubahan pH Tanah

Hasil pengamatan pH tanah yang dilakukan setiap 2 minggu, terlihat bahwa pH tanah cenderung naik mendekati netral dalam kondisi tergenang dan menurun apabila kondisi tanah mengering (Gambar 3 dan 4). Hal ini sejalan dengan hasil-hasil penelitian terdahulu, yaitu penggenangan pada tanah masam akan meningkatkan pH akibat sistem redoks besi-mangan serta asam karbonat (Ponnamperuna, 1972). Peningkatan nilai pH terjadi karena adanya pelepasan ion hidroksida Fe(OH)₃ dan senyawa oksidasi lainnya direduksi menjadi Fe(OH)₂ atau Fe(OH)₈.



Gambar 3. pH tanah dari olah tanah minimum (OTM) pada padi gogorancan

Metan terbentuk oleh aktivitas bakteri anaerob metanogen. Bakteri ini aktif merombak bahan organik dan menghasilkan gas metan dan karbondioksida. Metan terbentuk pada tanah sawah dengan pH mendekati 7. Wang *et al.*, (1992), mengemukakan pH optimum untuk pembentukan metan sekitar 6-7. Hal tersebut berkaitan dengan aktivitas bakteri metanogen.



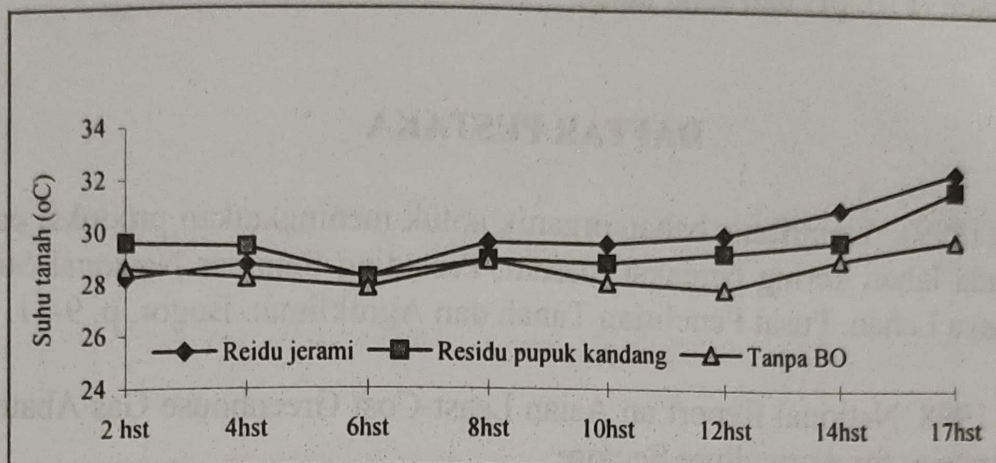
Gambar 4. pH tanah dari olah tanah minimum (OTS) pada padi gogorancah

Suhu Tanah

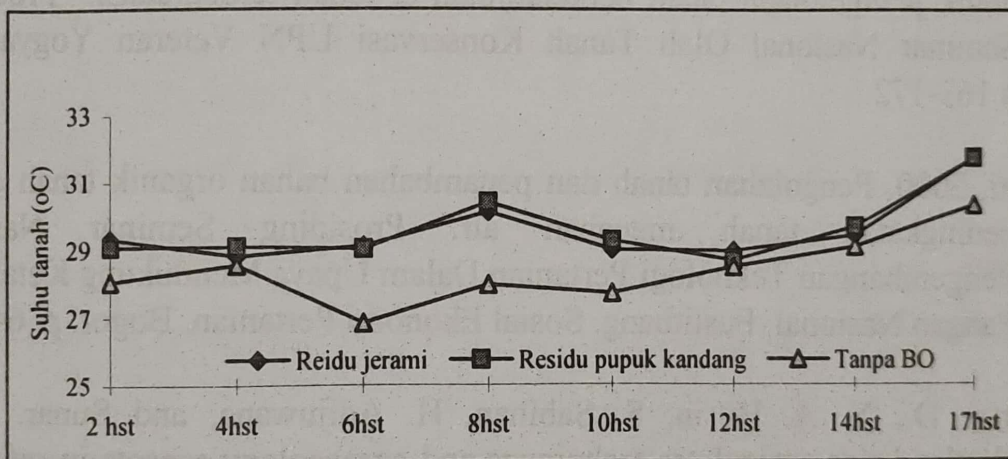
Suhu tanah berperan terhadap kelarutan hara, aktivitas mikroorganisme tanah, serta dekomposisi bahan organik. Suhu tanah memegang peranan penting dalam proses pembentukan dan perombakan metan oleh mikroorganisme tanah (bakteri metanogen dan metanotrop).

Hasil pengamatan suhu tanah yang dilakukan setiap 2 minggu menunjukkan bahwa suhu tanah pada olah tanah minimum berkisar antara 27,92 sampai 31,79°C, sedangkan pada olah tanah sempurna berkisar antara 26,85 sampai 31,78 °C, Gambar 5 dan 6. Residu bahan organik berpengaruh terhadap suhu tanah. Dengan cara OTM maupun OTS, tanpa pemberian bahan organik suhu tanah selalu cenderung lebih rendah dari residu bahan organik.

Emisi metan sangat dipengaruhi fluktuasi suhu tanah. Peningkatan suhu tanah dari 20°C menjadi 25°C pada kedalaman 5 cm meningkatkan emisi metan dua kali lebih tinggi (Schutz *et al.*, 1990).



Gambar 5. Suhu tanah dari olah tanah minimum (OTM) pada padi gogorancah



Gambar 6. Suhu tanah dari olah tanah minimum (OTS) pada padi gogorancah

KESIMPULAN

1. Teknologi olah tanah minimum dapat menekan emisi gas CH_4 sebesar 24,21%, namun berdampak menurunkan hasil gabah 0,3 t/ha.
2. Residu pupuk kandang menghasilkan gabah 4,42% lebih tinggi dibandingkan dengan residu jerami, namun mengemisi gas CH_4 lebih tinggi 8,86% dari residu jerami,.
3. Emisi gas CH_4 pada perlakuan tanpa bahan organik paling rendah dibandingkan melakukan residu jerami dan pupuk kandang, masing-masing 23,64; 44,22; dan 48,14 $\text{mg/m}^2/\text{hari}$.

4. Pola emisi gas CH₄ harian berfluktuasi karena dipengaruhi oleh nilai redok potensial (Eh), pH dan suhu tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. (1999). Kontribusi bahan organik untuk meningkatkan produksi pangan pada lahan kering bereaksi masam. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. p. 9-11.
- ALGAS. 1998. National Report an Asian Least-Cost Greenhouse Gas Abatement Strategy for Agriculture Sectore.
- Arbiwati, D dan A.Waluyo. 2001. Aplikasi mulsa organik dan tanpa olah tanah untuk pengelolaan tanah berkelanjutan di lahan terdegradasi. Prosiding Seminar Nasional Olah Tanah Konservasi UPN Veteran Yogyakarta. p.163-172 .
- Indrawati, 2000. Pengolahan tanah dan penambahan bahan organik tanah dalam peningkatan tanah menahan air. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Dalam Upaya Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Puslitbang. Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor. p. 64-69.
- Mudiyarso, D., Y. A. Husin, S. Sabihan, H. Adijuwana, and Sunar. 1995. Wetland rice agriculture techniques and agroecology aspects in reference with controlling methane emission at optimal rice production. Env. Res. Cent. Bogor Agric. Univ.
- Mulyadi, 2000. Upaya menekan emisi gas metan pada padi gogo rancak melalui cara pengolahan tanah dan pemberian bahan organik. Prosiding. Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Dalam Upaya Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Bogor.
- Neue, H.U.and R. L. Sass. 1994. Trace gas emission from rice field. Environ. Sci. Research 48:39-54
- IRRI. 1992. Programme Report for 1991. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.322 p.

Japan Environmental Agency. 1992. The basic study on strategic response againsts the global warming climate change and their adverse effect. Ministry of Population and Enviromental of Indonesia.

Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1999. Indonesia : The First National Communication Under the United Nation Framework Convention on Climate Change. State Ministry for Environment Republic of Indonesia. Jakarta, Oktober 1999.

Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry on submerged soils. Adv. I. Agron. 24:29-66

Schultz, H., W. Seiler, and R. Conrad. 1990. Influence of soil temperature on methane emission from rice paddy fields. Bioche. 11:77-95.

Supriyadi, S. Abdulrachman, I. Yuliardi dan Pahim, 2002. Pemupukan berimbang pada tanaman padi di lahan sawah irigasi dan tadah hujan. Prosiding Seminar Nasional Membangun Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lngkungan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. p. 139-144.

Tirtoutomo, S., S. Abdurachman, A. Wihardjaka, dan G.J.D. Kirk. 2000. Dinamika kalium pada kondisi intensifikasi dan diversifikasi dalam usahatani berbasis padi. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. p. 126-140.

Wang, Z.P., R.D. Delaune, P.H. Masscheleyn and W.H. Patrick Jr. 1993. Soil redox and pH effects on methane production in a flooded rice soil. Soil. Sci. Soc. amer. J. 57:382-385.