

PERTANIAN TERINTEGRASI MENUJU KETAHANAN PANGAN & ENERGI DALAM PERTANIAN BIOINDUSTRI BERKELANJUTAN

¹Made Jana Mejaya, ¹Putu Wardana, ²Dede Kusdiaman

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

²Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

ABSTRACT

Sustainable agriculture is a holistic agriculture which involves farmer, production inputs, and political, economical and social factors. Meanwhile, development of sustainable bio-industry applies bio-refinery concept which comprises of several process stages to produce end product, using residue or waste of the processes as energy source. There are three major programs of Ministry of Agriculture in developing innovative technology adatives to global warming, they are 1) exploration, exploitation and manipulation of genetic resources to develops new varieties that are adaptive and tolerant to biotic and abiotic stresses, 2) optimalization and efficiency of land and water resources through intensification and extensification based on land management using management technology of land and water, fertilizer and conservation, 3) optimalization and efficiency of carbon, biomass, organic waste and zero waste. Strategy applies for Carbon efficient agriculture (CEF) in Indonesia is development of pilot plan for environmentally friendly agriculture and technology in limited area (100 ha) with CEF concept of high yielding rice and cow, while at the same time low in green house gasses emission and friendly for environment. Studies on CEF in Indonesia, especially on rice field in BBPadi, Sukamandi showed that the total emission of CO₂e was of 2504,5 t/ha/season, while average CO₂e emission released was reached 28,8 t/ha/season. The total CO₂e absorbed by rice plant was 20,4 t/ha/season. In accordance to above data, thus CO₂e emission can be reduced as much as 28,8 – 20,4 = 8,2 t/ha/season. CEF studies on animal husbandry showed that NH₃ content in cow rumen, with application of different feed flours, produced equal number of NH₃ emission as much as 5,93-8,89 mM.

Keywords: *Carbon efficient agriculture (CEF), Indonesia, sustainable agriculture, bio-industry.*

ABSTRAK

Pertanian yang berkelanjutan merupakan sistem pertanian menyeluruh yang didalamnya melibatkan tidak hanya faktor petani, produksi atau saprodi pertanian saja, tetapi juga mengintegrasikan sistem politik, ekonomi dan sosial. Sementara pengembangan bioindustri berkelanjutan menerapkan konsep *biorefinery* yang terdiri dari beberapa tahapan proses untuk menghasilkan produk, dengan menggunakan residu proses sebagai sumber energi. Tiga program Kementerian Pertanian dalam pengembangan teknologi yang inovatif dan adaptif terhadap pemanasan global meliputi 1) eksplorasi, pemanfaatan dan rekayasa sumber daya genetik untuk merakit varietas unggul baru yang adaptif dan atau tahan, 2) optimalisasi dan efisiensi sumber daya lahan dan air melalui intensifikasi dan ekstensifikasi (selektif) berbasis tata kelola lahan dengan menggunakan teknologi pengelolaan lahan dan air, pemupukan dan konservasi; 3) optimalisasi dan efisiensi karbon, biomassa, limbah organik dan *zero waste*. Pertanian efisien karbon (CEF) di Indonesia menerapkan strategi diantaranya mengembangkan pilot plan sistem pertanian dan teknologi ramah lingkungan pada skala terbatas (100 ha) dengan konsep CEF yang mempunyai produktivitas padi dan sapi yang tinggi, namun rendah emisi GRK dan ramah lingkungan. Hasil kajian CEF menunjukkan bahwa total emisi CO₂e adalah sebesar 2504,5 t/ha/musim. Rata-rata emisi CO₂e yang dilepaskan mencapai 28,8 t/ha/musim. Sementara total CO₂e yang diserap tanaman padi sebanyak 20,4 t/ha/musim. Berdasarkan data-data tersebut maka emisi CO₂e yg dapat diturunkan adalah sebesar $28,8 - 20,4 = 8,2$ t/ha/musim. Kajian CEF dari peternakan menunjukkan bahwa kadar NH₃ di dalam rumen untuk sapi, dengan pemberian beberapa tepung pakan yang berbeda, memiliki nilai yang setara (5,93-8,89 mM).

Kata kunci: *Carbon efficient agriculture* (CEF), Indonesia, pertanian berkelanjutan, bio-industry.

PENDAHULUAN

Kementerian Pertanian mencanangkan strategi induk pembangunan pertanian tahun 2013 hingga tahun 2045 adalah membangun pertanian bioindustri berkelanjutan dengan visi pembangunan pertanian mewujudkan sistem pertanian bioindustri berkelanjutan yang menghasilkan beragam pangan sehat dan produk bernilai tambah tinggi dari sumberdaya hayati pertanian dan kelautan tropika. Pertanian yang berkelanjutan merupakan sistem pertanian menyeluruh yang didalamnya melibatkan tidak hanya faktor petani, produksi atau saprodi pertanian saja, tetapi juga mengintegrasikan sistem politik, ekonomi dan sosial. Sementara, pengembangan bioindustri berkelanjutan menerapkan konsep *biorefinery* yang terdiri dari beberapa tahapan proses untuk menghasilkan produk, dengan menggunakan residu proses sebagai sumber energi. Pada konsep ini, biomassa dari tanaman akan melewati proses primer dimana pada proses ini menghasilkan 10 hingga 30% karbohidrat minyak nabati dan residu. Sedangkan 70 hingga 90% lainnya digunakan dalam proses lanjut atau proses sekunder (*Beauchemin et al*,

2006). Dalam proses sekunder dilakukan konversi atau perubahan protein, lignin serta selulosa dan hemiselulosa, dimana akan dihasilkan juga residu pada akhir proses. Komponen material hasil proses sekunder selanjutnya digunakan dalam proses lebih lanjut sehingga dihasilkan produk-produk pertanian yang berupa pupuk, pakan (asam amino), damar atau bahan perekat, senyawa fenolik, platform kimia dan bahan bakar nabati dan aditif. Residu yang dihasilkan dari awal proses, proses primer, hingga pengolahan lanjut juga memberikan manfaat karena digunakan untuk menghasilkan pembangkit listrik dan termal.

Dalam pertanian bioindustri berkelanjutan, konsep dasar untuk menghasilkan produk disamping menghasilkan nol residu (*zero waste*), juga harus mempertimbangkan faktor lingkungan khususnya kontribusinya terhadap pemanasan global. Pertanian memegang peran penting dalam penurunan emisi gas rumah kaca. Pada skala global, sektor pertanian dituntut untuk meningkatkan kepedulian terhadap ancaman pemanasan global melalui usaha adaptasi dan mitigasi penurunan emisi gas rumah kaca (GRK). Disamping itu Pertanian efisien karbon (CEF) adalah upaya untuk meningkatkan produksi pangan, memantapkan ketahanan pangan, meningkatkan kesejahteraan petani dan melestarikan sumberdaya (*sustainability*). CEF memanfaatkan secara optimal karbon yang dikandung oleh bahan organik sisa tanaman dan limbah ternak sehingga memberikan nilai tambah berupa peningkatan produktivitas, pendapatan petani, efisiensi energi, penurunan emisi GRK, dan perbaikan lingkungan.

STRATEGI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI INOVATIF-ADAPTIF

Dalam pengembangan teknologi yang inovatif dan adaptif terhadap pemanasan global, Kementerian Pertanian menerapkan tiga program yaitu 1) eksplorasi, pemanfaatan dan rekayasa sumber daya genetik untuk merakit varietas unggul baru yang adaptif dan atau tahan terhadap a) kekeringan, b) genangan, c) berumur genjah, d) toleran salinitas dan e) rendah emisi; 2) optimalisasi dan efisiensi sumber daya lahan dan air melalui intensifikasi dan ekstensifikasi (selektif) berbasis tata kelola lahan dengan menggunakan teknologi pengelolaan lahan dan air, pemupukan dan konservasi; 3) optimalisasi dan efisiensi karbon, biomassa, limbah organik dan *zero waste* yang meliputi a) pupuk organik/pengomposan, b) pakan ternak, c) biogas dan bioenergi. Ketiga program tersebut merupakan cikal bakal dari ekonomi biru menuju bioindustri (*Balingtan*, 2011).

Ekonomi biomasad merupakan salah satu inovasi teknologi yang adaptif dalam mengatasi dan memitigasi dampak pemanasan global. Perlunya ekonomi yang berbasis pada bioekonomi dikarenakan berkurangnya bahan bakar asal fosil dan diperkirakan akan segera habis, tingginya harga minyak dunia, serta kondisi politik global dan pemanasan global. Hal-hal tersebut akan memicu lumpuhnya industri pertanian dimasa yang akan datang. Pertanian dan ekonomi biobased bertumpu pada alam dan pemanfaatannya serta pengembalian sumber daya alam yang telah digunakan. Dalam hal ini, alam menyediakan cahaya matahari yang digunakan tumbuhan untuk memproduksi bahan pangan dan pakan, serta

menghasilkan biomasa tanaman. Limbah yang dihasilkan oleh ternak akan dikembalikan ke alam sebagai sumber nutrisi tanah. Demikian halnya dengan biomasa yang digunakan untuk memproduksi produk-produk berkelanjutan, limbah hasil prosesing juga akan dikembalikan sebagai pupuk untuk tanaman. Biomasa memegang peranan yang penting dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia. Komoditas yang dapat dijadikan sumber biomas untuk energi terbarukan diantaranya kelapa sawit, karet, padi, tebu. Dari komoditas tersebut sebanyak total 441.1 mill GJ/tahun akan menghasilkan energi sebesar 30,92 G Watt. Sementara, padi memiliki potensi terbesar sebagai penghasil energi dari limbah padat biomas yang dihasilkan, disusul oleh kelapa sawit dan tebu.

MODEL SISTEM INTEGRASI TANAMAN -TERNAK BEBAS LIMBAH

Dalam konsep holistik pertanian berkelanjutan, model sistem integrasi tanaman dan ternak dapat menjadi salah satu contoh yang tepat karena disamping menghasilkan pangan, pakan dan sumber energi, model ini juga tidak meninggalkan limbah kotor yang dapat mencemari lingkungan karena limbah tersebut dikembalikan lagi ke alam sebagai sumber nutrisi bagi tanah. Tanaman yang dibudidayakan akan menghasilkan pangan bagi manusia dan limbah tanaman seperti biomas dapat digunakan sebagai sumber pakan bagi ternak. Sedangkan limbah ternak dapat diolah menjadi pupuk kandang, biogas atau kompos yang digunakan untuk menyuburkan tanah pertanian. Salah satu contoh penerapan model tersebut adalah pada model padi-ternak terintegrasi. Dalam sistem ini, interaksi antar komponen bersifat dinamis, sinergis dan terintegrasi. Alam menyediakan sumber daya untuk penanaman padi, dimana dalam budidayanya diperhatikan kondisi tanah yang tersedia, efisiensi dari budidaya dan produktivitas varietas yang digunakan. Beras yang dihasilkan akan dikonsumsi oleh kita, sementara jerami padi digunakan untuk pakan ternak yang nantinya akan menghasilkan daging untuk konsumsi dan limbah manure yang digunakan untuk memupuk tanaman.

MODEL PERTANIAN EFISIEN KARBON ATAU *CARBON EFFICIENT FARMING (CEF)*

Pertanian efisien karbon di Indonesia melibatkan beberapa komponen, diantaranya Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT), Pengelolaan Hama & Penyakit Terpadu (PHT), Sistem Integrasi Tanaman Ternak (SITT), Sistem Integrasi Sawit ternak (SIST), System of Rice Intensification (SRI), dan Biochar atau Bio-Charcoal. Salah satu penerapan pertanian efisien karbon adalah sistem integrasi tanaman ternak bebas limbah yang menerapkan prinsip integrasi komoditas secara horizontal, pilihan komoditas unggulan secara partisipatif, dinamis, spesifik lokasi, dan ramah lingkungan.

Dalam pengembangannya, strategi yang diterapkan untuk CEF diantaranya mengembangkan pilot plan sistem pertanian dan teknologi ramah lingkungan pada skala terbatas (100 ha) dengan konsep CEF yang mempunyai produktivitas

padi dan sapi yang tinggi, namun rendah emisi GRK dan ramah lingkungan. Dalam produksi padi, dikembangkan sistem pengelolaan irigasi dan teknik pemberian air untuk menjamin produktivitas, efisiensi air dan penurunan emisi GRK. Sementara untuk panen dan pasca panen, dikembangkan sistem integrasi panen dan pengolahan hasil untuk meningkatkan nilai tambah dan pengelolaan hasil samping (*by product*). Strategi yang terakhir adalah mengembangkan sistem pengelolaan hasil samping tanaman padi dan sapi, jaringan distribusi biogas, dan pengembangan pupuk organik berdasarkan konsep “zero waste” (Ruskandar dkk., 2011).

HASIL-HASIL KAJIAN CEF

Balai Besar Tanaman Padi telah melakukan studi mengenai pertanian efisien karbon yang dititik beratkan pada kajian gas rumah kaca (GRK). Hasil-hasil kajian tersebut meliputi:

1. Hasil Kajian gas rumah kaca (GRK)

Besaran Emisi GRK yang terdiri dari Metana (CH₄), Karbon dioksida (CO₂), dan Dinitrogen oksida (N₂O) pada 5 titik pengambilan di Lokasi ICEF - BB Padi, Sukamandi menunjukkan tren yang berbeda-beda. Pada kajian emisi metana, emisi cenderung meningkat dari lokasi satu (I) hingga lokasi kelima (V) dan emisi tertinggi mencapai 971,7 kg/ha/musim di lokasi ketiga (III). Sementara emisi karbondioksida pada lima lokasi jauh lebih tinggi dibanding emisi metana dan dinitrogen oksida. Emisi karbondioksida terendah sebesar 1569,7 kg/ha/musim yang dideteksi pada lokasi kelima, dan emisi tertinggi mencapai 7895,9 kg/ha/musim pada lokasi kedua (II). Emisi dinitrogenoksida adalah emisi paling rendah yang dihasilkan oleh padi dibandingkan dengan emisi metana dan karbondioksida. Emisi tertinggi dinitrogenoksida hanya mencapai 19,0 kg/ha/musim pada lokasi ketiga (III) (BB Padi, 2011).

Emisi CO₂ ekuivalen (CO₂e) adalah emisi yang didalamnya sudah dimasukkan juga emisi CH₄ dan N₂O. Kajian emisi CO₂e baseline (t/ha/musim) pada 87,05 ha lokasi CEF di BB Padi didasarkan pada asumsi indeks panen sebesar 0,5, produksi rata-rata mencapai 6,5 t/ha, kandungan C padi sebesar 46% pada kadar air (KA) 20%, dan KA panen sebesar 25%. Kajian ini menunjukkan bahwa total emisi CO₂e adalah sebesar 2504,5 t/ha/musim. Rata-rata emisi CO₂e yang dilepaskan mencapai 28,8 t/ha/musim. Sementara total CO₂e yang diserap tanaman padi sebanyak 20,4 t/ha/musim. Berdasarkan data-data tersebut maka emisi CO₂e yg dapat diturunkan adalah sebesar $28,8 - 20,4 = 8,2$ t/ha/musim. Dengan besaran tersebut, BBPadi berharap akan dapat menurunkan emisi dengan target reduksi 50% emisi CO₂e sebesar 4,1 t/ha/musim. Penurunan ini diharapkan dapat menghasilkan pendapatan untuk lokasi CEF sebesar USD 3569/musim, dengan asumsi harga reduksi per ton CO₂e = USD 10 (BB Padi, 2011).

2. Hasil Kajian Peternakan

Kajian mengenai pertanian efisien karbon dari segi peternakan menghasilkan beberapa temuan baru yang bermanfaat untuk pengembangan peternakan yang lebih efisien dan efektif. Diantara kajian tersebut adalah mengenai pemberian tepung gamal sebagai suplemen pakan ternak. Studi menunjukkan bahwa suplementasi tepung gamal (RG) dan tepung ikan (RI) membawa pengaruh positif terhadap produktivitas ternak. Respon positif pada pertumbuhan ternak sapi berturut-turut sebesar 600 g/hari dan 532 g/hari, dibandingkan kontrol 433 g/hari (RK).

Sementara kadar NH_3 di dalam rumen untuk sapi dengan perlakuan RK, RG dan RI memiliki nilai yang setara (5,93-8,89 mM) dan tidak berpengaruh terhadap populasi mikroba rumen. Efisiensi penggunaan energi yang erat kaitannya dengan energi yang terbuang lewat emisi gas metana belum terlihat pengaruhnya seperti ditunjukkan oleh RK = 179,67 L/hari; RG = 188,63 L/hari dan RI = 196,27 L/hari (Balitnak, 2011). Berikut adalah tabel mengenai hasil dan hasil samping dari usaha ternak sapi PO.

Tabel 1. Hasil (Product) dan Hasil Samping (By-Product) Usaha Ternak Sapi PO

Kelas Ternak	Jumlah Ternak (ekor)	Berat badan (kg)	Kebutuhan Pakan (t/tahun)	Kotoran Hewan (kohe)	
				kg/ekor/ hari	t/tahun
Betina Dewasa	76	446	1.237,2	15	416,1
Jantan Dewasa	4	356	51,9	15	21,9
Sapi Muda	20	225	164,3	10	73,0
Anak sapi	24	30	26,3	6	144
JUMLAH	124		1.479,7	46	655

Keterangan : Kebutuhan pakan = 10% berat badan/ekor/hari

3. Hasil Kajian Sumber Daya Lahan dan Air

Kajian sumberdaya lahan dan air dilakukan di area ICEF di Sukamandi menunjukkan hasil yang disajikan pada tabel 2.

Table 2. Kebutuhan air tanaman dan efisiensi penggunaan air di areal ICEF Sukamandi

Aspek	MT-I	MT-II
Tanaman	Padi	Padi
Periode pertanaman	November - Maret	April - Agustus
ETo (mm)	720	291
Kc (faktor tanaman)*	1,11	1,11
ETp (mm)	799,2	323,0
Curah hujan (mm)	1080	279
Irigasi (mm)	0	44
Defisit/surplus (mm)	280,8	-44,01
Sumber air	air hujan	air hujan, irigasi
Hasil tanaman (kg/ha), GKP	7000	5000
Kebutuhan air (m ³ /ha)	7992	3230
Efisiensi penggunaan air (kg/m ³)	0,9	1,5

Siklus dan Neraca karbon (C) pada sistem usahatani padi sawah di lokasi CEF di BB Padi menghasilkan karbon (C) melalui proses fotosintesis berupa GKG 885,11 t/tahun), jerami kering 1.062,13 t/tahun) dan akar kering 111,78 t/tahun). Sedangkan gabah yang keluar (75%) dan jerami padi (25%) sebagai pakan ternak keluar dari sistem karena pupuk kandang belum dikembalikan ke lahan, sedangkan sisa jerami sebanyak 796,6 t/tahun dan akar kering kembali ke lahan (BBSDLP, 2009).

DAFTAR PUSTAKA

- Balangan.2011. Laporan ICEF GRK. 2011. Balai Besar PenelitianTanamanPadi. BadanPenelitian dan PengembanganPertanian, KementerianPertanian 2011.
- Balitnak 2011. Laporan Hasil Pertanian Efisien Karbon Indonesia. Indonesian Carbon Efficient Farming. Tahun Anggaran 2011. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian 2011.
- BB PadiSukamandi, 2011. Laporan Tahunan 2010. Inovasi Varietas Unggul Baru dan Teknologi Adaptif Perubahan Iklim Global. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian 2011.
- BBSDLP, 2009. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan. Bogor, 24-25 Nopember 2009. Buku I Kebijakan dan Informasi Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Hal 213. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2010.
- BPS. 2011. Statistik Indonesia 2005/2006. Badan Pusat Statistik Jakarta. Indonesia.
- Beauchemin, K.A. and S. M. Mc Ginn.2006. Effects of various feed additives on the methane emissions from beef cattle. In. Greenhouse gases and animal agriculture: An update. International Congress Series. 1293: 152-155. Elsevier.
- Dastane, N. G. 1974. Effective Rainfall in Irrigated Agriculture. FAO Irrigated and Drainage Paper. FAO. UN. Rome.
- Doberman, A. and Fairhurst. 2000. Rice. Nutrient Disorder and Nutrient Management. International Rice Research Institute-Potash and Phosphate Institute (PPI)-Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC).
- Doorenboos , J and W. O. Pruit. 1977. Guideline for Predicting Crop water Requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper. Vol 24. Rome.
- Doorenbos, J and A.H.Kassam, 1986. Yield response to water. Irrigation and drainage paper 33. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.

- IPCC, 1997. IPCC Revised 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol. 3, Greenhouse Gas Inventories Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Hadley Center. Meteorological Office, Bracknell.
- Johnson, K. A. , D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle, *J. Anim. Sci.* 73: 2483-2492.
- Karsini, 1981. Biogas dari Limbah. Departemen Perindustrian Balitbang Industri Proyek Balai Pendidikan Industri, Jakarta.
- Monteny Gert-Jan, A. Bannink, D. Chadwick. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystem and Environment.* 112: 163-170.
- Perry, Tilden Wayne. 1995. Nutrient requirement of beef cattle. In *Beef cattle feeding and nutrition.* (Tilden Wayne Perry. Ed) 2nd edition. National Academic Press. pp: 352- 369.
- Rina Kartikawati, Helena Lina Susilawati, Miranti Ariani, Prihasto Setyanto. 2011. Teknologi Mitigasi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Lahan Sawah. *Sinar Tani, Agroinovasi Badan Litbang Pertanian, Balington, Edisi 6-12 Maret 2011 No.3400 Tahun XLI.*
- Ruskandar, A., Baiq Ulinuha Asiah dan I P. Wardana 2011. Analisis Keragaan Usaha tani Efisien Karbon/SIPT. Laporan Akhir Tahun DIPA 2011. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian 2011.
- Setiobudi, D., Suprijadi, dan O. Syahroni. 2003. Tanggap Tanaman Padi Sawah terhadap Pemupukan Nitrogen dan Selang Pemberian Air. Dalam Suprihatno *et al.* (eds). *Kebijakan Perberasan dan Inovasi Teknologi Padi: Buku II. Bagpro Litbang Tanaman Padi Sukamandi.* Balai Besar Litbang Padi Sukamandi
- Setyanto, P., A.B. Rosenani, M.J. Khanif, C.L. Fauziah dan R. Boer. 2004. Methane Emission and its Mitigation in Rice Fields Under Different Management Practices in Central Java. Ph.D Thesis, Universiti Putra Malaysia.
- Setyanto, P and R. Abubakar 2005. Methane Emission from Paddy Field as Influenced by Different Water Regimes in Central Java. *Indonesian Journal of Agricultural Science*; 6(1): 1-9.
- Smith P, et al. 2007. Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Agriculture, in *Climate Change 2007*, eds Metz. B, Davidson. O, Bosch. P, Dave. R, Meyer. L (Cambridge University Press, Cambridge, UK), pp 497–540.

- Thornthwaite, C.W., and Mather, J.R. 1957. Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel Institute of Technology Laboratory of Climatology. Publication in Climatology Volume X, Number 3. Centerton, New Jersey.
- Van Soest, P.J. 2006. Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality. *Review. Anim. Feed Sci. Technol.* 130: 137-171.
- Wihardjaka, A., P. Setyanto dan A.K. Makarim. 1997. Pengaruh Varietas Padi Terhadap Besarnya Emisi Gas Metan pada Lahan Sawah. Laporan Tahunan Loka Penelitian Tanaman Pangan Jakenan.
- Wihardjaka, A., P. Setyanto dan A.K. Makarim. 1999. Emisi Gas Metan dari Berbagai Varietas Padi. Laporan Tahunan Loka Penelitian Tanaman Pangan Jakenan.