

Pemanfaatan Lahan Tadah Hujan untuk Budidaya Padi Unggul dalam Menghadapi Perubahan Iklim

Utilization of Rainfed Rice Areas for High Yielding Rice Cultivation on Climate Change

Rina Kartikawati^{1*)}, Ika Ferry Yuniarti¹, Anicetus Wihardjaka¹, Prihasto Setyanto²

¹Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jawa Tengah, Kabupaten Pati, Jawa Tengah 59182

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah, Semarang, Jawa Tengah 50552

^{*)}Penulis untuk korespondensi: rinak_iaeri@yahoo.com

ABSTRACT

Many efforts have been conducted by Indonesian government for national food supply and food security through rice cultivation on sub optimal lands in accelerating food sustainability particularly rice, maize and soybean. The rainfed area is an important sub optimal land which should be developed due to 26,5% of Indonesia rice production produced from cultivation system in those area. However, the cultivation in rainfed areas have challenges such as changing of rainfall pattern due to climate change. Therefore, to obtain the information of productivity from high yield rice varieties and methane emission in rainfed area, a study has been conducted by applying innovation of environmental friendly technology such as fertilizer use based on integrated cropping calendar. The study was carried out at Research Station of Indonesian Agriculture Environment Research Institute in Jakenan, which is one of rainfed area in Pati District, Central Java Province. The study was conducted on first growing season (GS 1) or rainy season by applying direct seeded system using rice seeder. Four rice varieties were used for this study, namely Ciherang, Dendang, Inpari 31 and Inpari 24. The study showed that productivity of four rice varieties were 5.92; 7.10; 5.06 and 7.41 t/ha, respectively. Methane emission was significant different among the varieties as 232; 319; 300 and 405 kg/ha/season, respectively.

Keywords: methane emission, rainfed area, rice cultivation

ABSTRAK

Berbagai upaya dilakukan oleh pemerintah dalam memenuhi kebutuhan pangan dan stabilitas pangan nasional, antara lain melalui pemanfaatan lahan sub optimal untuk akselerasi swasembada padi, jagung dan kedelai (pajale). Lahan sub optimal tadah hujan berpotensi untuk dikembangkan mengingat 27,5% produksi padi di Indonesia dihasilkan dari sistem budidaya di lahan tadah hujan. Namun, budidaya padi di lahan tadah hujan rentan terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu untuk mengetahui produktivitas padi varietas unggul yang ditanam di lahan tadah hujan dan besarnya emisi CH₄ yang dihasilkan, penelitian ini dilaksanakan dengan menerapkan inovasi teknologi yang ramah lingkungan seperti penggunaan Kalender Tanam (Katam) terpadu untuk aplikasi pupuk. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Jakenan, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) yang merupakan salah satu daerah tadah hujan di Kabupaten Pati, Provinsi Jawa Tengah. Percobaan dilaksanakan pada musim tanam pertama (MT 1) atau musim penghujan tahun 2015/2016 dengan menerapkan system *gogorancah* (*gora*) atau sistem tanam benih langsung (*tabela*) dengan menggunakan *rice seeder*. Varietas yang digunakan

adalah Ciherang, Dendang, Inpari 31, dan Inpari 24. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas padi unggul Ciherang, Dendang, Inpari 30 dan Inpari 24 yang ditanam di lahan tadah hujan pada musim penghujan secara berturut-turut adalah 5,92; 7,10; 5,06 dan 7,41 t/ha. Emisi CH₄ secara signifikan dihasilkan oleh keempat varietas tersebut secara berturut-turut adalah 232; 319; 300 dan 405 kg/ha/musim.

Kata kunci: emisi metana, tadah hujan, budidaya padi

PENDAHULUAN

Sumberdaya lahan sawah berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan bagi 255,5 juta penduduk Indonesia (BPS 2016) yang diproyeksikan akan bertambah menjadi 305,6 juta jiwa pada tahun 2035. Tantangan dalam memenuhi ketersediaan pangan diantaranya adalah konversi lahan pertanian menjadi non pertanian yang terus berlanjut, khususnya lahan-lahan optimal di Pulau Jawa. Program ekstensifikasi lahan melalui pembukaan lahan baru di luar Pulau Jawa mempunyai produktivitas yang rendah karena kendala fisik, kimia, biologi dan lainnya (Wahyunto 2009).

Berbagai upaya dilakukan oleh pemerintah dalam memenuhi ketersediaan dan stabilitas pangan nasional, antara lain melalui pemanfaatan lahan sub optimal untuk swasembada padi, jagung dan kedelai (pajale). Lahan sub optimal tadah hujan tersebar di Pulau Jawa (986.049 ha), Sumatera (343.908 ha), Kalimantan (504.236 ha), Sulawesi (272.006 ha), Bali (173 ha), Nusa Tenggara (108.979 ha), Maluku (6.097 ha) dan Papua (26.089 ha). Sawah tadah hujan berperan penting dalam berkontribusi produksi padi nasional, yaitu 27,5% produksi padi di Indonesia berasal dari sistem budidaya di lahan tadah hujan (Wahyunto dan Fitri 2014).

Pengelolaan lahan sub optimal tadah hujan mempunyai berbagai kendala yang harus dikendalikan, antara lain curah hujan tidak menentu, kesuburan tanah rendah, rentan terhadap perubahan iklim, dan gulma yang padat (Widyantoro dan Husin 2010). Menurut Saptomo *et al.* (2009), data meteorologi menunjukkan peningkatan suhu udara dan perubahan pola curah hujan akibat iklim yang berubah. Mathauda *et al.*

(2000) menyatakan bahwa peningkatan suhu pada skala tertentu dapat menurunkan produksi padi, indeks luas daun dan biomassa tanaman termasuk jerami padi.

Padi merupakan makanan pokok bagi sebagian besar negara di dunia termasuk Indonesia, namun menurut Linquist *et al.* (2012), budidaya padi merupakan sumber emisi CH₄, yang diperkirakan 9-11% dari emisi GRK dari pertanian. Menurut Baruah *et al.* 2010 dan Su *et al.* 2015, emisi CH₄ dari lahan sawah dipengaruhi oleh cuaca, lingkungan, pengelolaan dan varietas. Berbagai upaya dilakukan untuk menekan emisi CH₄ baik melalui strategi adaptasi dan mitigasi. Keberhasilan budidaya di lahan tadah hujan dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi produksi melalui budidaya spesifik lokasi, pengelolaan hara yang tepat dan pemilihan varietas padi unggul adaptif di lahan tadah hujan (Widyantoro dan Husin, 2010). Suatu kegiatan penelitian dilaksanakan untuk mengetahui produktivitas padi varietas unggul yang ditanam di lahan tadah hujan dan besarnya emisi CH₄ yang dihasilkan, melalui penerapan inovasi teknologi yang ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Jakenan, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) yang terletak pada ketinggian 15 meter di atas muka laut dengan titik koordinat 111°10' BT dan 6°45' LS. Kebun Percobaan Jakenan-Balingtan merupakan wilayah tadah hujan dengan curah hujan kurang dari 1600 mm tahun⁻¹ dan suhu rata-rata mencapai 21-30°C. Percobaan dilaksanakan pada musim tanam pertama (MT 1) atau

musim penghujan tahun 2015/2016 dengan menerapkan sistem *gogorancah (gora)* atau sistem tanam benih langsung (*tabela*). Zonasi petak percobaan pada musim penghujan ditunjukkan pada Gambar 1.

Petak percobaan adalah lahan kebun percobaan yang disewa oleh petani dengan luas lahan untuk varietas Ciherang, Dendang, Inpari 31 dan Inpari 24 secara berturut-turut adalah 1,5; 0,9; 2,0 dan 0,1 hektar (ha). Masing-masing penggarap menerapkan sistem budidaya yang ditetapkan oleh KP Balington. Olah tanah sempurna dilakukan dengan menggunakan *hand tractor* sebanyak dua kali. Bahan organik (4 t/ha) diberikan sebelum pengolahan kedua. Pada musim penghujan, sistem *gogorancah (gora)* digunakan dalam

budidaya padi. Pada sistem ini benih padi ditanam langsung dengan menggunakan *rice seeder*. Varietas Dendang, Inpari 24, Inpari 30 dan Ciherang masing-masing ditanam pada tanggal 13, 15, 17, dan 19 November 2015. Pemupukan dilakukan tiga kali dalam satu musim. Dosis pupuk yang digunakan mengacu pada Kalender Tanam terpadu untuk wilayah Kecamatan Jaken, yaitu 275 kg Urea/ha dan 50 kg KCl/ha. Tambahkan bagaimana pemeliharaan seperti penyiangan, pengendalian OPT. Pemanenan dilakukan dengan menggunakan *combine harvester*. Varietas Ciherang dan Inpari 30 dipanen pada tanggal 2 Maret 2016, sedangkan varietas Dendang dan Inpari 24 pada tanggal 8 Maret 2016.



Ket.: Varietas Ciherang, Dendang, Inpari 30 dan Inpari 24 secara berturut turut berada di blok 6, 3, 2, dan 1.

Gambar 1. Zonasi petak percobaan di KP Jakenan-Balington pada musim penghujan 2015/2016.

Parameter pertumbuhan tanaman (tinggi dan jumlah anakan) diamati pada 1 m panjang baris tanaman dan dilakukan pada fase anakan aktif, maksimum dan berbunga. Pengukuran fluks CH_4 dilakukan dengan sistem sampel terbatas, yaitu 48, 69, dan 79 hari setelah sebar (hss). Metode yang digunakan dalam menangkap gas CH_4 adalah metode sungkup tertutup (*close chamber method*) dengan ukuran sungkup 50 cm x 50 cm x 100 cm. Pengukuran fluks

CH_4 dilakukan pada masing-masing petak percobaan dan diulang tiga kali. Interval waktu yang digunakan untuk mengambil gas dalam sungkup adalah 5, 10, 15, 20, dan 25 menit dari penutupan sungkup. Gas diambil dengan menggunakan jarum suntik bervolume 10 mL yang dibungkus dengan kertas perak dan dilengkapi dengan karet penutup pada ujung jarum suntik. Selanjutnya gas dianalisis menggunakan *Gas Chromatography (GC)* tipe Shimadzu

8A yang dilengkapi dengan *Flame Ionization Detector* (FID) yang ada di Laboratorium Gas Rumah Kaca (Lab. GRK) Balingtan. Fluks CH_4 harian ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{Vch}{Ach} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273.2}{(273.2 + T)} \quad (1)$$

E adalah fluks gas metana ($\text{mg/m}^2/\text{hari}$); dc/dt adalah perbedaan konsentrasi metana per waktu (ppm/menit); Vch adalah Volume boks (m^3); Ach adalah luas boks (m^2); mW adalah berat molekul metana (g); mV adalah volume molekul metana (22,41 liter) dan T adalah suhu rata-rata selama pengambilan sampel ($^{\circ}\text{C}$). Emisi CH_4 selama satu musim tanam dihitung berdasarkan persamaan:

$$E = \frac{F(0 - 48) + F(49 - 69) + F(70 - 79)}{HT - N} \times (H - N) \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{10.000.000 \text{ kg}} \quad (2)$$

E adalah emisi CH_4 per musim ($\text{kg}/\text{ha}^2/\text{musim}$); $F_{0-48, 49-69, 70-79}$ adalah kumulatif fluks pada 0-48, 49-69 dan 70-79 hari ($\text{mg}/\text{m}/\text{hari}$); N adalah umur bibit (hari); HT adalah hari terakhir pengukuran fluks; dan H adalah umur tanaman (hari).

Untuk mengetahui potensi hasil dilakukan panen ubinan dengan luas (3×4) m^2 . Data dianalisis statistik menggunakan program software Minitab 16. Beda nyata antar perlakuan ditentukan dengan uji Tukey pada taraf $p < 0,05$.

HASIL

Keragaan agronomis (tinggi tanaman, jumlah anakan dan hasil padi) pada empat varietas (Ciherang, Dendang, Inpari 31 dan Inpari 24) pada musim penghujan 2015/2016 ditunjukkan pada Tabel 1. Tinggi tanaman pada empat varietas tersebut tidak berbeda nyata pada saat fase anakan aktif, namun setelah memasuki fase anakan maksimum dan fase reproduktif tinggi tanaman padi mulai menunjukkan perbedaan yang nyata.

Tabel 1. Parameter tanaman dan hasil padi dari empat varietas padi pada musim penghujan 2015/2016 di KP Jakenan-Balingtan

Varietas	Tinggi tanaman (cm)			Jumlah anakan per m			Hasil padi (t/ha)
	Fase anakan aktif	Fase anakan maksimum	Fase Reproduktif	Fase anakan aktif	Fase anakan maksimum	Fase Reproduktif	
Ciherang	70 ^a	74 ^b	97 ^b	98 ^a	83 ^a	60 ^a	5,92
Dendang	71 ^a	86 ^{ab}	115 ^a	93 ^a	70 ^a	56 ^a	7,10
Inpari 31	66 ^a	89 ^a	116 ^a	101 ^a	68 ^a	62 ^a	6,06
Inpari 24	59 ^a	77 ^{ab}	96 ^b	95 ^a	69 ^a	60 ^a	7,41

Nilai dalam lajur sama yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata ($p < 0,05$) menurut Uji Tukey

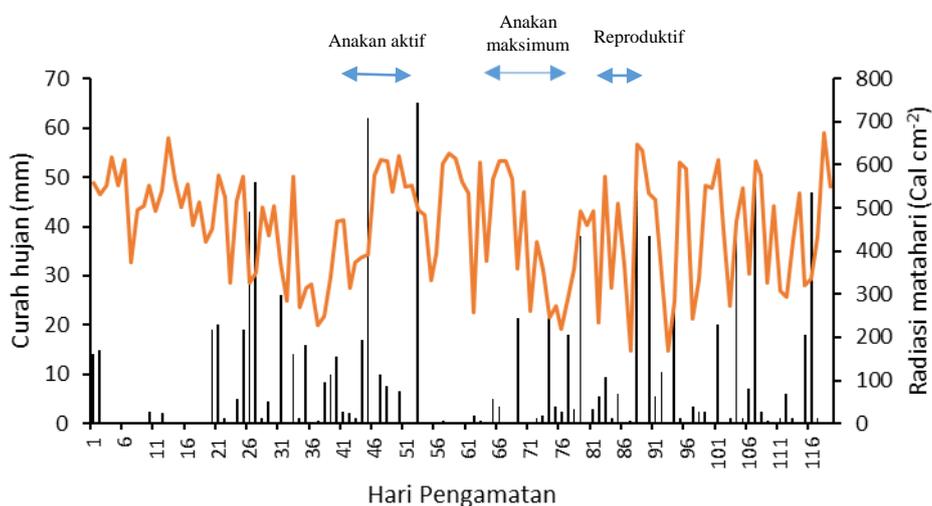
Jumlah anakan pada empat varietas padi tidak berbeda nyata pada ketiga fase pertumbuhan. Populasi tertinggi yang ditandai dengan jumlah anakan paling banyak terdapat pada fase anakan aktif. Pada fase anakan aktif, varietas Inpari 31

menunjukkan jumlah anakan yang lebih banyak (101 anakan per m) diikuti oleh Ciherang (98 anakan per m). Namun pada fase anakan maksimum, varietas Inpari 30 tidak dapat mempertahankan jumlah anakannya sehingga jumlah anakan turun

menjadi 68 anakan per meter. Varietas Ciherang mampu mempertahankan jumlah anakan meskipun berkurang hingga 83 anakan per m. Pada fase reproduktif, jumlah anakan tertinggi terdapat pada varietas Inpari 31 (92 anakan per m) diikuti oleh varietas Ciherang dan Inpari 24 (masing-masing 60 anakan per m) dan varietas Dendang (56 anakan per m).

Penurunan jumlah anakan terjadi pada empat varietas yang digunakan. Pada varietas Ciherang kehilangan jumlah anakan sebanyak 18% terjadi pada saat fase anakan maksimum, sedangkan varietas Dendang, Inpari 31 dan Inpari 24 jumlah anakan yang berkurang lebih tinggi, secara

berturut-turut yaitu 33,49% dan 38%. Namun pada fase reproduktif, penurunan jumlah anakan pada varietas Ciherang lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Dendang, Inpari 31 dan Inpari 24, secara berturut-turut yaitu 38, 25, 10 dan 15%. Penurunan jumlah anakan selain karena faktor genotype tanaman juga disebabkan oleh kondisi cuaca seperti curah hujan dan radiasi matahari (Gambar 2). Pada saat anakan maksimum, frekuensi curah hujan cukup tinggi dengan radiasi matahari yang cukup untuk mendukung pertumbuhan anakan. Sedangkan pada saat anakan maksimum, curah hujan berkurang namun radiasi matahari tetap tinggi.



Gambar 2. Curah hujan dan radiasi matahari pada saat pengamatan fluks CH₄ di KP Jakenan-Balington, MH 2015/2016.

Hasil padi pada penelitian ini berkisar antara 5,92-7,41 t/ha. Gabah terendah dihasilkan oleh varietas Ciherang (5,92 t/ha) sedangkan yang tertinggi dihasilkan oleh varietas Inpari 24 (7,41 t/ha). Varietas Dendang dan Inpari 31 masing-masing menghasilkan gabah sebesar 7,10 dan 6,06 t/ha. Varietas Inpari 24 menghasilkan gabah 25.2 % lebih tinggi dibanding hasil padi varietas Ciherang.

Fluks dan emisi CH₄ dari empat varietas selama fase-fase pertumbuhan tanaman padi ditunjukkan pada Tabel 2. Fluks CH₄ yang dihasilkan saat tanaman padi berada dalam fase anakan aktif tidak

menunjukkan perbedaan yang nyata, sedangkan pada fase anakan aktif dan fase reproduktif menunjukkan perbedaan nyata. Fluks CH₄ tertinggi dari fase anakan aktif, fase anakan maksimum dan fase reproduktif secara berturut-turut dihasilkan oleh varietas Inpari 31, Inpari 24 dan Dendang yaitu sebesar 522, 549 dan 481 mg/m/hari. Sedangkan fluks CH₄ terendah dari fase anakan aktif, fase anakan maksimum dan fase reproduktif secara berturut-turut dihasilkan oleh varietas Ciherang, Dendang dan Inpari 31 secara berturut-turut yaitu 435, 91, dan 138 mg/m/hari. Emisi CH₄ yang dihasilkan oleh empat varietas padi pada

musim penghujan 2015 ini sangat beragam, yaitu berkisar antara 232-405 kg/ha/musim. Emisi CH₄ terendah dihasilkan oleh varietas Ciherang, sedangkan yang tertinggi dihasilkan oleh varietas Inpari 24.

Tabel 2. Fluks dan emisi CH₄ dari empat varietas padi pada musim penghujan 2015/2016 di KP Jakenan-Balingtan

Varietas	Fluks CH ₄ musiman (mg/m ² /hari)			Emisi (kg/ha/musim)
	Fase anakan aktif	Fase anakan Maksimum	Fase Reproduksi	
Ciherang	435 a	441 ab	446 a	232 c
Dendang	492 a	91 c	481 a	319 b
Inpari 31	522 a	336 b	138 b	300 bc
Inpari 24	462 a	549 a	340 a	405 a

Nilai dalam lajur sama yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata ($P < 0,05$) menurut Uji Tukey

PEMBAHASAN

Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa meskipun empat varietas padi mendapatkan pengelolaan yang sama (pemupukan, pengairan dan pengendalian hama/gulma), namun ternyata memberikan hasil yang berbeda pada produksi gabah. Menurut Suyanto *et al.* (2015), perbedaan sifat genetik, kualitas benih, keragaan agronomis dan kemampuan adaptasi terhadap lingkungannya merupakan faktor-faktor penyebab terjadinya perbedaan hasil padi. Faktor-faktor tersebutlah yang kemungkinan mempengaruhi nilai komponen hasil padi yang selanjutnya akan berpengaruh juga terhadap hasil padi. Selain itu menurut Shahidullah *et al.* (2009) jumlah anakan pada saat panen berpengaruh langsung terhadap hasil gabah. Jumlah anakan yang berlebihan dan tidak efektif khususnya pada fase akhir dalam pertumbuhan tanaman menjadikan tanaman tersebut tidak efisien.

Perbedaan nyata fluks CH₄ pada masing-masing varietas didukung oleh ketersediaan bahan organik sebagai substrat bagi bakteri metanogen untuk menghasilkan gas CH₄ pada kondisi anaerob. Hal ini dapat dilihat dari jumlah anakan yang mati dari fase anakan aktif hingga fase reproduktif. Jumlah anakan yang berkurang sebanyak 38% dan 15% pada varietas Inpari 24 yang

secara berturut-turut terjadi pada fase anakan maksimum dan reproduktif berkontribusi terhadap penyediaan substrat untuk proses metanogenesis. Menurut Khosa *et al.* (2010), pertumbuhan populasi bakteri metanogen meningkat dengan tersedianya sumber karbon yang berasal dari bahan organik.

Perbedaan emisi CH₄ pada berbagai varietas juga disebabkan karena varietas padi mempunyai kemampuan berbeda-beda dalam melepaskan eksudat akar di setiap masing-masing fase pertumbuhannya (Aulakh *et al.*, 2001). Menurut Mulyadi dan Wihardjaka (2014), sifat fisiologi dan morfologi dari varietas padi akan mempengaruhi pelepasan gas rumah kaca dari tanah sawah. Hal yang sama diungkapkan oleh Dubey (2005), varietas padi mempengaruhi emisi CH₄ melalui penyediaan eksudat dan pembusukan jaringan akar dan daun tanaman yang jatuh ke dalam tanah, serta adanya perbedaan rongga aerenkima yang menyebabkan keragaman kapasitas pengangkutan CH₄ antar varietas padi.

KESIMPULAN

Produktivitas padi unggul Ciherang, Dendang, Inpari 31 dan Inpari 24 yang ditanam di lahan tadah hujan pada musim penghujan secara berturut-turut adalah 5,92;

7,10; 5,06 dan 7,41 t/ha. Emisi CH₄ secara signifikan dihasilkan oleh keempat varietas tersebut secara berturut-turut adalah 232, 319, 300, dan 405 kg/ha/musim. Varietas Ciherang mempunyai peluang sebagai varietas rendah emisi CH₄ di lahan tadah hujan dengan indeks emisi-hasil lebih rendah dari varietas Dendang, Inpari 31 dan Inpari 34.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Titi Sopiawati, SP., Hilda Amalia Rahmawati dan Sri Wahyuni, A.Md yang telah membantu pengamatan parameter agronomis di lapang dan analisis metana di laboratorium. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Susanto yang membantu pelaksanaan percobaan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan peneliti dan teknisi di Kelompok Peneliti Emisi dan Absorpsi Gas Rumah Kaca (EAGRK) Balingtan atas kerja samanya, kepada Suryanto, STP selaku Kepala KP Jakenan-Balingtan yang telah membantu dalam koordinasi dengan petani penggarap.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulakh MS, Wassman R, Bueno C, dan Rennenberg H. 2001. Impact of root exudate of different cultivars and plant development stage of rice (*Oryza sativa* L.) on methane production in a paddy soil. *Plant and Soil* 230:77-86.
- Baruah KK, Gogoi B, dan Gogoi P. 2010. Plant physiological and soil characteristics associated with methane and nitrous oxide emission from rice paddy. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 16(1).
- BPS (Biro Pusat Statistik). 2004. *Statistik Indonesia 2003*. Jakarta: BPS.
- BPS (Biro Pusat Statistik). 2010. *Penduduk Indonesia menurut provinsi 1971, 1980, 1990, 1995, 2000 dan 2010*. <https://www.bps.go.id/>. [Diakses tanggal 10 April 2017].
- BPS (Biro Pusat Statistik). 2016. *Statistik Indonesia 2016*. Jakarta: BPS.
- Dubey SK. 2005. Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystem : A Review. *Applied Ecology and Environment Reserach* 3(2):1-27.
- Khosa MK, Sidhu BS, dan Berbi DK. 2010. Effect of organic materials and rice cultivars on methane emission from rice field. *Journal of Environmental Biology* 31(3):281-285.
- Linquist BA, van Groeningen KJ, Adviento-Borbe MAA, Pittelkow C, dan van Kessel C. 2012. An agronomic assessment of greenhouse gas emissions from major cereal crops. *Glob. Change Biol.* 18:194-209.
- Mathauda SS, Mavi HS, Bhangoo BS, dan Dhaliwal BK. 2000. Impact of projected climate change on rice production in Punjab (India). *Tropical Ecology* 41(1):95-98.
- Mulyadi dan Wihardjaka A. 2014. Greenhouse gases emission and grain yield from three rice varieties under alternating bed systems of rainfed rice field. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 33(2):116-121.
- Shahidullah SM, Hanafi MM, Ashrafuzzaman M, Ismail MR, dan Salam MA. 2009. Tillering dynamics in aromatic rice genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology* 11:509-514.
- Saptomo SK, Setiawan BI, dan Yuge K. 2009. Climate change effects on paddy field thermal environment and evapotranspiration. *Paddy Water Environment*.
- Su J, Hu C, Yan X, Jin Y, Chen Z, Guan Q, Wang Y, Zhong D, Jansson C, Wang F, Schnurer A, dan Sun C. 2015. Expression of barley SUSIBA2 transcription factor yields high-starch low-methane rice. *Nature* 523:602-606.

- Suryana A. 2005. Kendala, tantangan dan kebijakan dalam upaya mewujudkan pemantapan ketahanan dan kemandirian pangan nasional ke depan. Semiloka Nasional Bidang Iptek. Jakarta, 12 Maret 2005.
- Suyamto, Saeri M, Saraswati DP, dan Robi'in. 2015. Verifikasi dosis rekomendasi pemupukan hara spesifik lokasi untuk padi varietas hibrida. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 34(3):165-173.
- Wahyunto. 2009. Lahan sawah di Indonesia sebagai pendukung ketahanan pangan nasional. *Informatika Pertanian* 18(2):133-152.
- Wahyunto dan Fitri Widiastuti. 2014. Lahan sawah sebagai pendukung ketahanan pangan serta strategi pencapaian kemandirian pangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. Desember 2014: 17-30.
- Widyantoro dan Husin. 2010. Optimalisasi pengelolaan padi sawah tadah hujan melalui pendekatan pengelolaan tanaman terpadu. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. 648-657.