

**PRODUKSI BIOMASA PADI DAN PRODUKTIVITAS AIR PADA BEBERAPA  
TINGGI GENANGAN AIR PADA SAWAH BUKAAN BARU DI UMAKLARAN,  
KABUPATEN BELU, NUSA TENGGARA TIMUR**

**RICE BIOMAS PRODUCTION AND WATER PRODUCTIVITY AT DIFFERENT  
POUNDING WATER LAYERS OF NEWLY OPENED LOW LAND RICE FIELD  
AT UMAKLARAN, BELU DISTRICT, NUSA TENGGARA TIMUR**

Sukristiyonubowo<sup>1)</sup> Sugeng Widodo<sup>2)</sup> and Damasus Riyanto<sup>2)</sup>

- <sup>1)</sup> Indonesian Agency for Agricultural Research and Development , Soil Research Institute,  
Jln Tentara Pelajar 12 Bogor; Telp: +6281226277259 ;  
Email:sukristiyonuboworicky@yahoo.com
- <sup>2).</sup> Indonesian Agency for Agricultural Research and Development  
Jogyakarta Assessment Institute for Agricultural Technology,  
Jalan Stadion Maguwohardjo 22 Karang Sari, Sleman, D.I.Jogyakarta

**ABSTRAK**

Sawah bukaan baru harus dipandang sebagai pencetakan lumbung lumbung beras baru nasional, terlebih lahan di pulau Jawa dan Bali semakin langka. Percobaan pada skala plot dilaksanakan pada sawah bukaan baru di Umaklaran, Kabupaten Belu, pada tahun 2015. Penelitian bertujuan untuk mengetahui produksi biomasa padi dan produktivitas air pada sawah bukaan baru. Beberapa tinggi genangan air diuji, meliputi (T0) Tinggi genangan air 5 cm sebagai kontrol, (T1) Tinggi genangan air 3 cm, (T2) Intermitten dengan dua minggu periode basah dan satu minggu periode kering , dan (T3) Macak macak dengan tinggi genangan air 0,5 cm. Data yang diambil meliputi produksi biomasa padi dan produktivitas air. Produktivitas air dihitung dengan perbandingan antara hasil gabah dengan air yang dibutuhkan, sedangkan air yang dibutuhkan dihitung berdasarkan selisih antara air yang masuk ke sawah dengan air yang keluar dari sawah. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antar perlakuan yang dicoba terhadap produksi biomasa padi (gabah dan jerami), tetapi menghasilkan produktivitas air yang berbeda antar perlakuan. Produktivitas air yang didapat bervariasi antara 0,15 – 1,01 gram liter<sup>-1</sup>, dengan produktivitas air tertinggi dicapai oleh perlakuan Macak macak. Perlu diteliti lebih lanjut agar bisa diterapkan pada semua sawah baik irigasi, setengah irigasi maupun sawah bukaan baru.

**Kata kunci: hasil padi dan jerami, produktivitas air, sawah bukaan baru, tinggi genangan air**

**PENDAHULUAN**

Disadari bahwa beras merupakan bahan makan pokok dan penyedia lapangan kerja bagi sebagian besar penduduk Indonesia, sehingga kedudukan beras menjadi sangat strategis baik ditinjau dari aspek sosial, politik maupun ekonomi. Lebih dari 90 % total beras dihasilkan melalui sawah beririgasi dan sisanya dihasilkan dari sistem sawah non irigasi (BPS 2006). Meningkatnya kebutuhan beras, penciptaan

lahan sawah irigasi di Pulau Jawa dan Bali akibat alih fungsi lahan, gejala *leveling off* (pelandaian hasil) pada sawah beririgasi teknis, dan semakin meningkatnya kompetisi penggunaan air antara keperluan rumah tangga, industri dan pengairan telah mengganggu stock beras nasional, produksi padi dan kemandirian beras nasional. Oleh sebab itu, pencetakan sawah bukaan baru harus dipandang sebagai pencetakan lumbung lumbung

beras baru untuk Indonesia di masa mendatang.

Pada umumnya, lahan sawah bukaan baru banyak dicetak di luar Pulau Jawa yang berasal dari lahan kering yang didominasi oleh Inceptisols, Ultisols dan Oxisols, disamping sulfat masam potensial. Tanah ini umumnya mempunyai kendala-kendala yang berhubungan dengan aspek fisik, kimia dan biologi tanah (Sukristiyonubowo *et al.* 2017a; Sukristiyonubowo *et al.* 2017b). Defisiensi hara makro dan keracunan Fe, Mn dan Al serta pengelolaan air menjadi faktor pembatas pertumbuhan dan hasil padi di lahan sawah bukaan baru (Sujadi 1984; Widowati and Sukristiyonubowo 2012; Sukristiyonubowo *et al.* 2015)

Semakin terbatasnya lahan pertanian dan air di Indonesia akhir akhir ini semakin nyata. Hal ini disebabkan karena a). pertumbuhan penduduk yang tidak terkontrol, b). industrialisasi yang semakin berkembang yang menggunakan lahan terutama lahan pertanian untuk kawasan industri, c). kebutuhan akan perumahan yang semakin meningkat, d) pembangunan infra struktur seperti jalan tol yang mengorbankan banyak lahan pertanian khususnya sawah, e). degradasi lahan dan f). meningkatnya polusi tanah dan air. Selanjutnya, air untuk keperluan irigasi juga semakin langka dan semakin mahal karena semakin meningkatnya kompetisi

penggunaan air dengan industri dan kebutuhan rumah tangga, sehingga akan mengganggu produksi padi, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap katahanan pangan (Sukristiyonubowo 2007). Lebih lanjut, penambangan air, deforestasi dan polusi air telah mengganggu kualitas air. Menurut IWMI (2007) air yang digunakan untuk irigasi mengalami berbagai kompetisi dengan industri dan keperluan rumah tangga. Hasil penelitian Riyanto *et al.* (2018) menyimpulkan bahwa tingginya genangan air tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan dan produksi biomasa padi pada sawah bukaan baru.

Untuk itu diperlukan pengelolaan air yang baik, tidak hanya untuk menghemat air, tetapi juga untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas air dan penurunan produksi pertanian khususnya padi. Dengan demikian tantangan terbesar pertanian di Indonesia adalah menghasilkan padi yang lebih banyak dengan semakin terbatas lahan dan air (Sukristiyonubowo. 2007; Sukristiyonubowo *et al.*, 2011).

Tanaman padi adalah salah satu jenis tanaman pangan yang mampu hidup/tumbuh di air atau ditanah basah. Di lahan sawah, air diperlukan mulai dari persiapan tanam sampai pada fase pemasakan adalah sangatlah besar. Penghitungan produktivitas air akhir akhir ini menjadi penting dalam rangka

penghematan air. Produktivitas air dapat didefinisikan sebagai hasil secara ekonomi atau fisik setiap penggunaan air atau secara umum didefinisikan sebagai hasil padi atau tanaman setiap satu  $m^3$  (meter kubik) air yang digunakan. Produktivitas air ini akan berbeda beda antar daerah ataupun antar lokasi tergantung pada rotasi tanam, faktor iklim, sistem pengairan dan pengelolaan air (Cai and Rosegrant 2003). Pengertian produktivitas air juga tergantung pada skala pengukuran, misal skala plot, skala usaha tani, skala DAS atau *water shed*, regional atau skala propinsi (Kumar *et al.* 2005). Menurut Molden *et al.* (2003) diantara tanaman biji-bijian, padi mengkonsumsi air irigasi lebih banyak dan paling tidak efisien dalam menggunakan air. Produktivitas air pada padi sawah di India berkisar antara  $0,50 - 1,10 \text{ kgm}^{-3}$  dan di Phillipina antara  $1,40-1,60 \text{ kgm}^{-3}$  (Cai and Rosegrant 2003; Kijne *et al.* 2003; Tuong and Bouman 2002). Selanjutnya, Cai and Rosegrant (2003) melaporkan bahwa pada umumnya produktivitas air tanaman padi berkisar antara  $0,15 - 0,60 \text{ kgm}^{-3}$ , sementara untuk tanaman biji-bijian lainnya antara  $0,20$  sampai  $2,40 \text{ kgm}^{-3}$ . Seterusnya, para peneliti lainnya melaporkan bahwa pada umumnya produktivitas air di India, Pilipina dan Jepang berkisar antara  $0,14 - 1,10 \text{ kg m}^{-3}$  (Bhuiyan 1992; Bhuiyan *et al.* 1994; Bouman and Tuong 2001; Cabangon *et al.*

2002; Cai and Rosegrant 2003; Tabal *et al.* 2002; IWMI 2004). Peneliti yang lainnya melaporkan bahwa produktivitas air pada tanaman padi di Jepang pada vitric Andosol sekitar  $0,42 \text{ kg m}^{-3}$  (Anbumozhi *et al.* 1998). Sementara penelitian yang dilakukan di Iran menyimpulkan bahwa produktivitas air padi berkisar antara  $0,42 \text{ kg m}^{-3}$  (Montazar and Kosari 2008). Menyadari bahwa produktivitas air berbeda antar negara, maka diperlukan teknologi pengelolaan air yang baik agar penggunaan air dapat dihemat dan efisien. Paper ini akan membahas produktivitas air dan hasil brangkasan padi pada tinggi genangan air yang berbeda pada sawah bukaan baru di Umaklaran, Kabupaten Belu .

## BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan pada skala plot, berlokasi di Dusun Umaklaran, Kabupaten Belu, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Tinggi genangan air sebagai perlakuan, yaitu: (T0): Tinggi genangan air 5 cm juga sebagai kontrol, (T1): Tinggi genangan air 3 cm, (T2): Intermitten dengan dua minggu basah dengan tinggi air 5 cm dan satu minggu kering dan (T3): Macak-macak dengan tinggi genangan air 0,5 cm. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga ulangan. Air diberikan mulai dari persiapan lahan sampai dengan awal

fase pemasakan. Untuk mengontrol tinggi genangan air setiap petak dipasang dengan *staff gauge*. Petak atau plot yang digunakan berukuran 5 m x 5 m dengan jarak antar plot 50 cm dan antar ulangan 100 cm.

Urea, SP-36 dan KCl ditetapkan secara langsung dengan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), didapatkan dosis rekomendasi sekitar 100 kg Urea, 100 kg SP-36 dan 100 kg KCl ha<sup>-1</sup> musim<sup>-1</sup>. Urea dan KCl diberikan 3 kali, yaitu 50% saat tanam, 25% diberikan umur 21 hari setelah tanam dan sisanya 25 % diberikan sekitar 42 hari setelah tanam. SP-36 diberikan dua kali, yaitu 50 % saat tanam dan 50 % sisanya saat tanam berumur 21 hari setelah tanam. Kompos jerami sebanyak 2 ton ha<sup>-1</sup> musim<sup>-1</sup> disebar merata seminggu sebelum tanam.

Sebagai tanaman indikator adalah padi varitas Ciherang. Penanaman dengan cara *transplanting system* pada akhir bulan Maret 2015 dan panen dilakukan pada pertengahan bulan Juli 2015. Bibit padi yang berumur 21 hari dipindahkan dengan tiga buah bibit per lubang dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm. Adapun parameter yang diamati adalah (a) produktivitas air, dihitung berdasarkan ratio antara hasil gabah dengan air yang dibutuhkan (dalam liter) untuk memproduksi satu kg gabah,

(b). debit air yang masuk ke sawah, (c) debit air yang keluar dari sawah. Debit air yang masuk maupun yang keluar diukur dengan metoda '*Floating Method with Stop Watch*' (Sukristiyonubowo 2007), (d) tinggi genangan air yang diukur atau dimonitor dengan '*small staff gauge*' (e). Hasil jerami dan hasil gabah .

Sebelum percobaan dimulai, diambil contoh tanah komposit akhir Februari 2015 dengan kedalaman 0-20 cm. Contoh tanah tersebut dianalisa di Balai Penelitian Tanah Bogor, yang meliputi pH (H<sub>2</sub>O dan KCl), C-organik, N-total, fosfat dan kalium. Bahan organik ditetapkan dengan menggunakan metoda Walkley and Black, pH (H<sub>2</sub>O dan KCl) diukur dalam suspensi air 1:5 menggunakan gelas elektrode, total P dan P tersedia masing masing ditetapkan dengan metode HCl 25% yang kemudian diukur dengan metoda colorimetric dan olsen dan total K diekstrak dengan HCl 25 % dan diukur dengan Flame Spektrometer (Balai Penelitian Tanah. 2009).

Semua data di analisa dengan anova menggunakan software SPSS. Dan mean atau rata rata dari masing masing data pengamatan dibandingkan dengan Duncan Multiple Range Test dengann tingkat kepercayaan 95 %

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Tinggi Genangan Air terhadap Produksi Biomasa Padi

Produksi biomasa padi pada tinggi genangan air pada sawah bukaan baru disajikan pada Tabel 1. Hasil padi yang didapat bervariasi antara 5,55 sampai 5,93 t ha<sup>-1</sup> musim<sup>-1</sup> it, begitu juga hasil jeraminya, yaitu antara (Tabel 1). Pada perlakuan kontrol dengan tinggi genangan air 5 cm (perlakuan T0) memperoleh hasil padi yang tertinggi dibandingkan perlakuan yang lainnya. Kemungkinan ini disebabkan oleh jumlah malai per rumpun atau jumlah anakan produktif saat panen juga tertinggi, yaitu 22,79 (Tabel 2 ) dan berat 1000 butir gabah isi yang secara nyata berbeda nyata di bandingkan dengan perlakuan yang dicobakan (Tabel 1). Kemungkinan yang lain pada perlakuan macak macak dengan tinggi genangan air

0,5 cm (T3) didapati banyak gulma atau rumput pengganggu, sehingga terjadi kompetisi untuk mendapatkan hara. Hasil penelitian ini sama dengan penelitian di Desa Pati, Kabupaten Bulungan Pati, Kalimantan Utara yang menyimpulkan bahwa tinggi genangan air tidak menunjukkan pengaruh yang nyata antar perlakuan terhadap pertumbuhan dan hasil padi, hanya berpengaruh nyata terhadap pH tanah dan Eh tanah (Sukristiyonubowo *et al.* 2017a; Widowati and Sukristiyonubowo 2012). Namun demikian, karena air semakin langka dan diduga penggunaan air pada tanaman padi boros, maka perlu diteliti lebih lanjut tinggi genangan air kurang dari 5 cm pada sawah bukaan baru agar didapatkan tinggi genangan air yang ideal dan didapatkan hasil padi yang tinggi serta dapat menghemat air.

Tabel 1. Hasil padi, jerami dan berat 1000 butir varitas Ciherang pada berbagai tinggi genangan air pada sawah bukaan baru di Dusun Umaklaran, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur

Perlakuan	Hasil padi (t ha <sup>-1</sup> )	Berat 1000 butir (gr)	Hasil Jerami (t ha <sup>-1</sup> )
T0 : Tinggi genangan air 5 cm sebagai kontrol	5.93 ± 0.47 a	27.90 ± 0.20 a	3.77 a
T1 : Tinggi genangan air 3 cm	5.65 ± 0.52 a	27.30 ± 0.18 a	3.63 a
T2 : Intermitten (dua minggu basah dengan tinggi air 5 cm dan satu minggu kering)	5.55 ± 0.64 a	27.16 ± 0.16 a	3.37 a
T3 : Macak macak, tinggi genangan air 0.5 cm	5.67 ± 0.57 a	26.78 ± 0.45 ab	3.50 a

Note: HST= Hari Setelah Tanam

Angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda secara nyata pada taraf 5 % uji DMRT

Jika dilihat hasil jeraminya, juga tidak menunjukkan beda yang nyata antar perlakuan. Ini menunjukkan bahwa pada sawah bukaan baru yang digenangi maupun yang tidak atau macak macak juga memberikan hasil padi, jerami dan bobot 1000 butir yang tidak berbeda nyata. Dengan demikian ini dapat disimpulkan bahwa penghematan air pada sawah bukaan baru bisa dilakukan terlebih dengan keberadaan air yang semakin terbatas.

Apabila dilihat air yang diberikan ke tanaman padi, mulai dari persiapan tanam

sampai dengan stadia awal pemasakan berkisar antara  $48 \times 10^5$  sampai  $22 \times 10^6$  liter tergantung dari debit air yang masuk dan debit air yang keluar dari petak sawah (Tabel 2). Terlihat bahwa semakin meningkat tinggi genangan airnya semakin banyak air yang dibutuhkan. Pada perlakuan macak macak dengan tinggi genangan air 0,5 cm (perlakuan T3) membutuhkan air paling sedikit yaitu kurang lebih sebanyak  $48 \times 10^5$  liter musim<sup>-1</sup> dan akan meningkat 32 sampai  $172 \times 10^5$  liter musim<sup>-1</sup> dengan semakin meningkatnya tinggi genangan air (Tabel 2).

Tabel 2. Debit air yang masuk dan yang keluar dari petak sawah, air yang dibutuhkan tanaman dan produktivitas air pada percobaan yang dilakukan di sawah bukaan baru di Dusun Umaklaran, Kabupaten Belu

Treatment	Debit Air masuk (l detik <sup>-1</sup> )	Debit air keluar (l detik <sup>-1</sup> )	Air yang diberikan (l musim <sup>-1</sup> )	Produktivitas Air (gr liter <sup>-1</sup> )
T0 : Tinggi genangan 5 cm sebagai kontrol	5.40 ± 1,26	0.65 ± 0,24	41 x 10 <sup>6</sup>	0.15
T1 : Tinggi genangan air 3 cm	3.75 ± 0,96	0.60 ± 0,27	27 x 10 <sup>6</sup>	0.21
T2 : Intermitten (dua minggu basah dengan tinggi genangan air 5 cm dan satu minggu kering)	3.90 ± 0,93	0.65 ± 0,25	19 x 10 <sup>6</sup>	0.29
T3 : Macak macak, tinggi genangan air 0.5 cm	0.75 ± 0,51	0.10 ± 0,23	56 x 10 <sup>5</sup>	1.01

Dari Tabel 2 juga dapat dihitung bahwa air yang dapat dihemat sebesar 354 sampai  $134 \times 10^5$  liter musim<sup>-1</sup>. Jadi air pada sawah bukaan baru juga bisa dihemat. Produktivitas air pada sawah bukaan baru berkisar antara 0,15 sampai 1,01 gram liter<sup>-1</sup> (Tabel 2), dan produktivitas air yang

terbaik dan dapat menghemat air berturut turut adalah perlakuan macak macak dengan ketinggian air 0,5 cm (T3) yaitu 1.01 gram liter<sup>-1</sup> dan diikuti dengan perlakuan intermitten (T2) dengan tinggi genangan air 5 cm dengan perioda basah 2 minggu dan perida kering kering satu

minggu, yaitu 0,29 gram liter<sup>-1</sup>, dengan tinggi genangan 3 cm (T1) sebesar 0,21 gram liter<sup>-1</sup> dan dengan tinggi genangan 5 cm sebesar 0,15 gram liter<sup>-1</sup>. Hasil ini hampir sama dengan produktivitas air di sentra produksi padi di negara Asia, antara 1,40 – 1,60 gram liter<sup>-1</sup> (Bhuiyan 1992; Bhuiyan *et al.* 1994; Bouman and Tuong 2001; Cabangon *et al.* 2002; Cai and Rosegrant 2003; Taball *et al.* 2002; IWMI 2004).

## KESIMPULAN

Dari percobaan ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tinggi genangan air tidak berpengaruh terhadap produksi biomassa padi. Produksi biomasa padi pada sawah bukaan baru di Dusun Umaklaran, Kabupaten Belu untuk gabah sebesar 5,55 - 5,93 ton ha<sup>-1</sup> musim<sup>-1</sup> dan untuk jerami antara 3,37 – 3,77 ton ha<sup>-1</sup> musim<sup>-1</sup> dengan produktivitas air berkisar antara 0,15 – 1,01 gram liter<sup>-1</sup>.
2. Perlu scaling up penelitian agar penghematan air dapat segera terwujud di sawah bukaan baru

## DAFTAR PUSTAKA

Anbumozhi V, Yamaji E, Tabuchi T. 1998. Rice crop growth and yield as influenced by changes in ponding water depth, water regime and fertigation level. *Agricultural Water Management*. 37: 241-253

- Bhagat RM, Bhuiyan SI, Moody K. 1996. Water, tillage and weed interactions in lowland tropical rice: a review. *Agricultural Water Management*. 31: 165-184
- Bhuiyan SI, Sattar MA, Tabbal, DF. 1994. Wet seeded rice: water use efficiency, productivity and constraints to wider adoption. Paper presented at the International Workshop on constraints, opportunities, and innovations for wet seeded rice, Bangkok, May 31 – June 3, 1994, 19 pp.
- Bhuiyan SI. 1992. Water management in relation to crop production: case study on rice. *Outlook Agriculture*. 21: 293-299
- Bouman BAM, Peng S, Castaneda AR, Visperas RM. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. *Agricultural Water Management*. 74: 87-105
- Bouman BAM, Tuong TP. 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management*. 49: 11-30
- Cabangon RJ, Tuong TP, Abdullah NB. 2002. Comparing water input and water productivity of transplanted and direct-seeded rice production systems. *Agricultural Water Management*. 57: 11-31
- Cai X, Rosegrant MW. 2003. World water productivity: Current situation and future options. In: *Water Productivity in Agriculture: Limit and opportunities for improvement* eds: J.W. Kijne, R. Baker and D Molden. CAB International. 1-16 p.
- Fageri NK, Balligar CV. 2001. Improving nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. *Communication Soil Science Plan Analysis*. 32 (7 and 8): 1301 - 1319

- Hardjowigeno S, Rayes L. 2005. Tanah Sawah. Bayumedia Publishing. 205 p.
- IWMI (International Water Management Institute). 2004. Water facts. IWMI Brochure.
- IWMI (International Water Management Institute). 2007. Comprohensif assessment water management in agriculturre. London: eartfscan and Colombo, IWMI 48 p.
- Kijne JW, Barker R, Molden D. 2003. Water productivity in agriculture: limit and opprtonity for improvement. CABI Publishing, Wallingford.
- Molden D, Hammond MR, Sakthivadivel R, Ian M. 2003. A water productivity for understanding and action. In: Jakob Kijne et al (Editor). Water productivity in agriculture: Limit and opportunitis for improvement. Comprehensive assessment of water productivity. CABI Pubhlishing in assosiation with Internation Water Management insitute
- Montazar A, Kosari H. 2008. Water productivity analisis of some irrigated crops in Iran. 109-120
- Ponnamperuma FN. 1978. Electrochemical changes in submerged soil and the growth of rice. IRRI. Los Banos, Philippines.
- Riyanto D, Widodo S, Sukristiyonubowo. 2018. Pengaruh penggenagan terhadap produksi biomasa dan hara yang terangkut hasil panen padi varitas Ciherang yang ditanam pada sawah bukaan baru di desa Umaklaran, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur. Paper sisajikan pada Seminar Nasional di Univ. Gadjah Mada pada tanggal 22 September 2018. 15 hal.
- Shi Qinghua, Zeng X, Li M, Tan X, Xu F. 2002. Effect of different water management practices on rice growth. In: Bouman, BAS, Hengsdijk, H., Hardy, B., Bindraban, PS., Tuong, TP., Ladha, JK. (Editors). Water-wise rice production. IRRI and Plant Research International. p: 3-13
- Sujadi M. 1994. Masalah kesuburan tanah Podsolik Merah Kuning dan Kemungkinan pemecahannya. *Dalam* Prosiding Penelitian Pola Usahatani Menunjang Transmigrasi. badan Litbang Pertanian, Jakarta. Hal: 3 – 10
- Sukristiyonubowo. 2007. Nutrient balances in terraced paddy fields under traditional irrigation in Indonesia. PhD thesis. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Ghent, Belgium. 184 p.
- Sukristiyonubowo, Tuherkih E. 2009. Rice production in terraced paddy field systems. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 28(3): 139-147
- Sukristiyonubowo, Ibrahim AS, Vadari T, Soyan A. 2011. Management of inherent soil fertility of newly opened wetland rice field for sustainable rice farming. *Journal of Plant Breeding aand Crop Science,* 3 (8): 146 - 153
- Sukristiyonubowo, Widodo S, Riyanto D. 2017b. Produktivitas air dan hasil padi pada beberapa tinggi genangan air pada sawah bukaan baru di desa Pati, Kabupaten Bulungan. Paper disajikan dalam Seminar Nasional di Balai Besar Padi di Sukamandi pada tanggal 11 Desember 2017. 15 hal.
- Sukristioyonubowo, Widodo S, Nugroho K. 2017a. Plot scale nitrogen balance of newly developed lowland rice at Kleseleon village, Malaka District, Nusa Tenggara Timur. *Journal of Soil and Climate* 41 (1): 115 - 121
- Taball DF, Bouman BAM, Bhuiyan SI, Sibayan EB, Sattar MA. 2002. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice; case study in

- the Philippines. *Agricultural Water Management*. 56: 93-112
- Tadano T, Yoshida. 1978. Chemical changes in submerged soils and their on rice growth. The International Rice Research Institute.
- Widowati LR, Sukristiyonubowo. 2012. Dynamics1 of pH, ferrum and mangan, and phosphorus on newly opened paddy soil having soil organic matter on rice growth. *Joournal of Tropica Soils*. 17 (1): 1-8
- Yan D, D Wang, L Yang. 2007. Long term effect chemical fertiliser, straw and manure on labile organic matter in a paddy soil. *Biol. Fertil. Soil Journal*. 44:93-101
- Zen LTH, Seneratne R, Michael Z, Mainul H, Meskountavon. 2002. Effect of depth water and duration of inudation on rice – weed competition and grain yield of rice in the central plain of Thailang. *Deutcher Tropentag*, October 9 – 12, Wiszenhausen.