

Inovasi Pertanian Ramah Lingkungan Terhadap Produktivitas Padi Sawah

Environmentally Friendly Agricultural Innovations for Paddy Rice Productivity

Agus Supriyo

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP)
Provinsi Jawa Tengah

ARTICLE INFO

Article history:

DOI:

[10.30595/pspfs.v4i.496](https://doi.org/10.30595/pspfs.v4i.496)

Submitted:

August 20, 2022

Accepted:

Oct 28, 2022

Published:

Nov 17, 2022

Keywords:

Inovasi, Ramah Lingkungan,
Produktivitas, Padi

ABSTRACT

Peningkatan produktivitas tanaman pangan khususnya padi yang diikuti aspek kelestarian lingkungan merupakan prinsip penerapan pertanian ramah lingkungan. Pertanian organik merupakan salah satu sistem usahatani yang ramah lingkungan, produk pangan organik mempunyai pangsa pasar yang khusus. Berbagai sistem penerapan pertanian ramah lingkungan berpedoman pada sistem budidaya pertanian yang benar melalui sinergi antar komponen teknologi antara lain pengelolaan tanaman terpadu (PTT), Jajar legowo super dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) secara terpadu. Penerapan PTT Ramah lingkungan yang terdiri atas komponen teknologi terpilih dapat meningkatkan produktivitas tanaman pangan (padi) dan menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK). Beberapa komponen teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman padi dan menurunkan emisi GRK meliputi penggunaan inokulan sebagai perlakuan benih, cara tanam jajar legowo, irigasi berselang (intermittent irrigation), penggunaan bahan organik (C/N rendah), dengan bantuan bio-dekomposer dan pemupukan berimbang, pengendalian hama terpadu dengan memanfaatkan pestisida nabati dan aplikasi pestisida setelah mencapai ambang kendali. Penerapan PTT_{Petro} padi sawah ramah lingkungan dapat memberikan hasil tertinggi (5.390 t gkg/ha) atau meningkatkan hasil padi sebesar 30 persen diatas kontrol (hasil 3.620 t gkg/ha) dan menurunkan emisi gas metan (CH₄) sebesar 13,6% dibawah kontrol (emisi gas metan sebesar: 76,05 kg CH₄/ha/musim) menjadi 65.69 kg CH₄/ha/musim.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Corresponding Author:

Agus Supriyo

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Provinsi Jawa Tengah

Email: agssupriyo@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian dihadapkan pada berbagai tantangan antara lain perubahan iklim yang mengancam kerawanan pangan, konversi areal pertanian menjadi non pertanian, pertumbuhan penduduk meningkat sejalan dengan kebutuhan pangan, eksploitasi dan degradasi sumberdaya lahan pertanian yang menurunkan kualitas lahan, produk pertanian dan lingkungan. Undang-undang Nomor 18 tahun 2012 tentang pangan mengamanatkan bahwa selain ketahanan pangan dan kemandirian pangan dan keamanan pangan perlu diperhatikan. Peningkatan produksi tanaman pangan khususnya padi hendaknya juga diimbangi dengan peningkatan kualitas tanah dan produk tanaman. Dalam mencapai sasaran tersebut khususnya tanaman pangan

dilakukan pendekatan budidaya pertanian yang baik (*Good agricultural practices*) yang tidak lain adalah sistem pertanian ramah lingkungan.

Trend usahatani yang berkembang saat ini mulai mempunyai konsep *go green, back to nature* dan *ramah lingkungan*. Pengelolaan lahan yang kurang arif menyebabkan berbagai permasalahan degradasi lahan dan kualitas produk pertanian. Untuk itu konsep pertanian ramah lingkungan mulai digalakkan dalam rangka mendukung upaya mencapai swasembada pangan dan pertanian yang berkelanjutan.

Beberapa konsep pertanian ramah lingkungan adalah (1) Pengelolaan tanaman terpadu (2) Sistem pertanian organik yang efisien yaitu sistem pertanian dengan memanfaatkan secara optimal (efisien) karbon yang dikandung oleh produk (bahan organik sisa tanaman dan ternak), (3). Mengontrol degradasi lahan dengan mengurangi erosi dengan melaksanakan konsep konservasi tanah dan air (4) Mengontrol kandungan polutan (bahan kimia toksik) dalam tanaman dan tanah dan (5). Meningkatkan produktivitas lahan terdegradasi dan lahan tidak subur.

Sistem pertanian ramah lingkungan berhasil dan berdaya guna, maka perlu mengikuti kaidah-kaidah antara lain (a) menggunakan sedikit mungkin input bahan kimia, (b) melaksanakan tindakan konservasi tanah dan air, (c) menjaga stabilitas produktivitas untuk jangka panjang dan berkelanjutan (d) memperhatikan keseimbangan ekosistem dan (e) mampu menyediakan kebutuhan lokal, kebutuhan dalam negeri dan bahkan untuk ekspor (Sutanto, 2002; Husnain dkk., 2014).

Kebutuhan pangan penduduk semakin meningkat menyebabkan target produksi bahan pangan sangat tinggi sehingga segala upaya untuk memenuhi kecukupan pangan menjadi prioritas utama. Oleh karena itu konsep pertanian konvensional masih menjadi andalan dalam pemenuhan kebutuhan pangan. Namun demikian, kebutuhan pangan yang tinggi menyebabkan pertanian konvensional masih merupakan andalan untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut. Dengan kondisi diatas maka penggunaan bahan agrokimia masih tinggi termasuk pupuk anorganik dan pestisida kimia yang merupakan input utama dalam usahatani konvensional. Hal ini merupakan penyebab degradasi lahan, keracunan tanaman dan penurunan biota serta terjadinya kerusakan lingkungan.

Tujuan penulisan makalah ini untuk memberikan informasi penerapan inovasi teknologi pertanian ramah lingkungan terhadap peningkatan produktivitas tanaman pangan (padi).

2. PERTANIAN RAMAH LINGKUNGAN

Pertanian ramah lingkungan didefinisikan sebagai sistem pertanian berbasis ekologi dan mempunyai konsep keberlanjutan hasil pertanian yang tinggi serta menguntungkan secara ekonomi. Sesuai dengan konsep *Good Agricultural Practices* (GAP) dari FAO yang mendefinisikan pertanian yang baik adalah “*practices that address environmental, economic and social sustainability for on-farm processes and result in safe and quality food and non-food agricultural products*” (FAO COAG, 2003). Sejalan dengan definisi diatas Soemarno *et al.*, (2000) menjelaskan empat komponen penciri pertanian ramah lingkungan yaitu (1) pengendalian erosi dan aliran permukaan untuk mitigasi degradasi lahan (2) bebas dari cemaran polutan yang berasal dari luar usahatani, (3) rendah emisi gas rumah kaca dan (4) produksi pertanian bebas residu dan aman dikonsumsi. Sedangkan menurut Hendrawati (2001) definisi pertanian ramah lingkungan merupakan sistem pertanian berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas yang tinggi dengan memperhatikan pasokan hara dari penggunaan bahan organik, meminimalisasi ketergantungan pada pupuk anorganik, perbaikan biota tanah, pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) berdasarkan kondisi ekologi dan diversifikasi tanaman.

Menurut Rochayati (2013) mendefinisikan Sistem Pertanian ramah lingkungan di lahan kering masaman adalah sistem pertanian berbasis ekologi dan berkelanjutan hasil pertanian yang tinggi dan menguntungkan secara ekonomi. Komponen penciri pertanian ramah lingkungan di lahan kering masam adalah berbagai konsep “*Green economy*” (1) pengendalian erosi dan aliran permukaan untuk mitigasi degradasi lahan, (2) bebas dari cemaran polutan yang berasal dari luar usahatani, (3) rendah emisi gas rumah kaca (4) bebas residu dan aman dikonsumsi. Sedangkan Sarwani dan Las (2013) mendefinisikan pertanian ramah lingkungan berdasarkan berbagai konsep “*Green Economy*” yaitu sistem pertanian yang mengelola seluruh sumberdaya pertanian dan input sistem usahatani secara bijak untuk mencapai produktivitas dan nilai ekonomi yang optimum, namun resiko rendah terhadap kelestarian sumberdaya pertanian dan lingkungan dan perubahan iklim.

Definisi pertanian ramah lingkungan yang telah banyak dikemukakan oleh beberapa pakar diatas, konsep pertanian ramah lingkungan yang menyertakan unsur emisi gas rumah kaca (GRK), perubahan iklim dan pemanasan global baru muncul sepuluh tahun terakhir. Para pakar telah menyoroti pertanian ramah lingkungan hanya dari pembahasan mengenai perlunya penggunaan bahan agrokimia, pengurangan pencemaran lingkungan, pengurangan GRK, kelestarian kesuburan tanah dan pencegahan erosi dan longsor. Selanjutnya Hendardi (2013) membahas model pertanian ramah lingkungan versi Balitbangtan dengan ciri-ciri pertanian antara lain (1) Peningkatan produktivitas (2) Rendah emisi GRK, (3) Adaptif terhadap perubahan iklim (4). Penerapan pengendalian hama terpadu (PHT), (5). Rendah cemaran logam berat, (6). Nir limbah (*zero waste*) (7) Pemanfaatan sumberdaya lokal (8). Terjaganya diversitas dan (9) Integrasi Tanaman-Ternak.

3. PENGELOLAAN TANAMAN TERPADU

Pengelolaan tanaman terpadu (PTT) merupakan salah satu pendekatan untuk meningkatkan produktivitas dan produksi tanaman padi. Pendekatan inovatif peningkatan produktivitas dan efisiensi usahatani melalui PTT bersifat spesifik lokasi dengan melibatkan partisipasi petani terhadap sinergi komponen teknologi. Menurut Badan Litbang Pertanian 2007, prinsip PTT adalah (a) PTT merupakan pendekatan melalui pengelolaan sumberdaya pertanian, lahan dan air, (b) memanfaatkan teknologi pertanian yang telah berkembang dan diterapkan dengan memperhatikan sinergi antar komponen teknologi, (c) memperhatikan kesesuaian teknologi dengan lingkungan fisik, sosial-ekonomi petani (d) bersifat partisipatif aktif petani dalam memilih teknologi yang sesuai dengan kondisi setempat.

Hasil aplikasi PTT pada lahan sawah irigasi pada tingkat penelitian dan demonstrasi pada luasan terbatas (1 – 5 ha) meningkatkan rerata hasil padi 27% (Badan Litbang Pertanian, 2007). Namun Sarlan (2011) melaporkan bahwa evaluasi antara penerapan PTT padi dengan *Sistem Rice Intensification* (SRI) pada empat lokasi selama dua musim tanam menunjukkan bahwa produktivitas padi dan kualitas beras (rendemen, butir pecah dan butir mengapur) pada penerapan PTT padi lebih tinggi dibandingkan dengan penerapan SRI. Menurut Supriyo dkk., (2020) penerapan PTT padi ramah lingkungan yang terdiri atas komponen teknologi penggunaan (a) VUB bermutu dengan “seed treatment” pupuk hayati “Agrimeth”, (b) umur bibit muda 21 hari, (c), cara tanam jarwo 2 : 1, (d) Pemupukan berdasarkan PUTS dengan sumber nitrogen (ZA) dengan BWD, petapan pupuk P dan K berdasarkan PUTS, serta penggunaan pupuk organik yang matang, (e) Penerapan irigasi berselang, (f) Pengendalian OPT secara terpadu dengan menggunakan pestisida hayati (*Metharizium anisopile* 5 cc/l). Sebagai pembandingan pengelolaan tanaman menurut kebiasaan petani (Non PTT) yang terdiri atas (a) benih padi tanpa “seed treatment”, (b) umur bibit 25 hari, (c) Cara tanam tegel (d) Pemupukan yang dominan di petani (150 Urea + 100 Phonska + 200 ppk organik) kg/ha, (e) pengairan mempertahankan kedalaman air 5 cm, (f) pengendalian OPT dengan pestisida secara rutin/sistem kalender.

Penerapan PTT_{Pukan} padi ramah lingkungan meningkatkan jumlah gabah isi per malai secara nyata dibandingkan dengan perlakuan PTT_{Petro} maupun PTT_{Eksist} (Tabel 2). Peningkatan jumlah gabah isi per malai sebesar 27,94 % $(217,0 - 182,5) / 182,5 \times 100\%$ di atas PTT_{Exist} (jumlah gabah isi 182,5 per malai). Hal ini didukung oleh jumlah anakan produktif pada perlakuan 2 t Pukan/ha (PTT_{Pukan}) paling tinggi (Supriyo dkk., 2020). Semakin tinggi jumlah anakan produktif menunjukkan jumlah malai tiap rumpun semakin tinggi pula. Sedangkan perlakuan PTT_{Petro} meningkatkan jumlah gabah isi per malai sebesar 19% di atas PTT_{Exist} (jumlah gabah isi per malai = 182,5).

Perlakuan PTT_{Pukan} meningkatkan berat 1000 biji secara nyata dibandingkan dengan PTT_{Exist}/kontrol (Tabel 1). Peningkatan berat 1000 biji sebesar 6,84 % $(29,75 - 28,5) / 28,5 \times 100\%$ di atas PTT_{Exist} atau kontrol (Berat 1000 biji : 28,5 g). Hal ini diduga karena perlakuan PTT_{Pukan} mampu memperbaiki sifat kimia tanah seperti ketersediaan unsur hara P, meningkatkan daya jerap tanah terhadap anion-anion sehingga proses pengisian biji lebih sempurna. Karena unsur P diperlukan untuk pembentukan dan pengisian biji. Sedangkan perlakuan PTT Pukan meningkatkan jumlah gabah isi per malai sebesar 4.40 % di atas PTT_{Eksist} (jumlah gabah isi : 182,5 per malai).

Penerapan PTT Pukan dapat meningkatkan hasil padi secara nyata sebesar 48,6 % di atas PTT Ekst (hasil padi sebesar 3.620 t gkg/ha). Hal ini didukung oleh dan jumlah anakan produktif dan komponen hasil (Supriyo, dkk., 2020). Semakin tinggi jumlah gabah isi per malai dan berat 100 biji menunjukkan hasil padi yang diperoleh semakin tinggi juga. (Tabel 2). Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh Hesti dkk., (2019) bahwa penerapan paket teknologi ramah lingkungan dibandingkan dengan teknologi konvensional petani di Jakenan, Kab. Pati dapat untuk mengurangi emisi gas metan pada budidaya padi sebesar 12,84 % dan meningkatkan hasil padi sebesar 9,8 %.

Tabel 1. Penerapan Pengelolaan tanaman terpadu terhadap komponen hasil dan hasil padi var. Rojolele dilahan sawah irigasi di Desa Gempol Kecamatan Karangnom Kabupaten Klaten MK 2016

Perlakuan	Jml gabah isi/malai	Berat 1000 biji (g)	Hasil (t gkg/ha)
PTT-Petro**	217,0 b*	29,75 ab*	4,735 ab
PTT-Pukan**	233,5 a	30,45 a	5.390 a
PTTExist	182,5 c	28,50 c	3.620 c
Nilai tengah (U)	212,00	29,60	4.680
KK (%)	11,76	12,44	16,24

*) Angka sekolom diikuti huruf sama tidak berbeda menurut UBD,05.

**) PTT_{Petr} : (100 Urea + 100 ZA + 250 Phonska + 500 Petroganik) kg/ha.

**) PTT_{Pukan}: (0,1 Urea + 0,1 ZA + 0,250 Phonka + 2 Pukan) t/ha;

PTT_{Exist}: (0,150 Urea + 0,2 Pukan) t/ha

Sumber: Supriyo dkk., 2020

Perlakuan PTT Padi ramah lingkungan terutama PTT_{Petro} menurunkan total emisi gas metan paling tinggi sebesar 33,29 % dibawah PTT_{Ekst} (Tabel 2). Sedangkan penerapan PTTEkst/control hanya menurunkan emisi gas metan (total emisi 13,62 % dibawah control dengan total emisi 76,05 kg CH₄/ha/musim, Hal ini diduga karena salah satu komponen PTT Ramling adalah penggunaan sumber N bersumber pupuk ZA. Seperti dilaporkan oleh Kartikawati *dkk.*, 2011, bahwa penambahan pupuk ZA sebesar 100 kg/ha menghasilkan emisi gas metan yang rendah. Hal ini disebabkan karena anion sulfat yang merupakan hasil samping hidrolisis ZA dapat memperlambat penurunan redoks tanah dan sulfur dalam pupuk yang merupakan salah satu penghambat bakteri metanogenesis. Cara lain untuk mengurangi emis gas metan adalah aplikasi pupuk N yang dibenamkan, karena mengurangi hilangnya unsur N karena volatilisasi. Kemampuan tanaman padi melepaskan gas metan (CH₄) berbeda-beda tergantung karakteristik tanaman padi. Setiap varietas padi mempunyai sifat dan akar yang berbeda, seperti besar eksudat akar dan kecepatan pertukaran gas yang erat kaitannya dengan volume gas metan. Eksudat atau hasil autoksis akar padi merupakan sumber karbon bagi bakterimetanogenesis penghasil CH₄. Bakteri pembentuk gas metan dapat berkembang baik pada kondisi tergenang, dimana Eh < 150 dan pH antara 6 – 8 dengan temperature tanah 25 – 35 °C (Wiharjaka *et al.*, 1999 dalam Supriyo *dkk.*, 2020. Setianto (2013) menyatakan bahwa hasil inventarisasi emisi gas metan di beberapa sentra produksi padi di Jawa Tengah bervariasi. Variasi ini tidak hanya dipengaruhi oleh jenis tanah tapi juga dipengaruhi oleh cara pengelolaan tanah dan tanaman. Emisi gas methan dapat ditekan antara lain dengan pemilihan varietas, pengaturan irigasi dan pemakaian herbisida.

Tabel 2. Penerapan PTT ramah lingkungan terhadap emisi gas metan pada lahan sawah irigasi di Desa Gempol Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Klaten MK 2016

Perlakuan	Rerata Fluks (mg CH ₄ /m ² /hari) pada umur				Emisi (kg CH ₄ /ha/msm)
	42 Hst	63 Hst	105 Hst	112 Hst	
PTT-Petro*	56,85	43,32	17,81	6,53	50,73
PTT-Pukan*	46,86	184,79	11,95	4,65	65,69
PTT-Exist*	106,99	85,96	13,25	5,74	76,05

*) PTT_{Petro} : (100 Urea + 100 ZA + 250 Phonska + 500 Petroganik) kg/ha.

**) PTT_{Pukan}: (0,1 Urea + 0,1 ZA + 0,250 Phonska + 2 t Pukan)

PTT_{Exist}: (0,150 Urea + 0,2 Pukan) t/ha. Hst – Hari setelah tanam.

Sumber: Supriyo *dkk.*, 2020.

Petani pada lahan irigasi umumnya melaksanakan pengairan secara terus-menerus dengan pengairan terus-menerus dan mempertahankan tinggi genangan 5 cm pada petak sawah. Namun hasil pengairan secara berselang (*intermittent irrigation*) tidak berbeda nyata dibandingkan dengan pengairan secara terus-menerus. Selain itu pengairan berselang memberikan emisi gas methane yang lebih rendah dibandingkan dengan pengairan secara terus menerus. Berarti pengairan berselang pada tanaman padi sawah mampu menghemat kebutuhan air dan menu runkan emisi gas metan. Pengelolaan tanaman terpadu mampu menurunkan emisi gas metan antara 18 – 26 % (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil gabah dan emisi gas methana pada regim air yang berbeda di Pati, Jawa Tengah

Regim Air	Hasil (t gkg/ha)	Emisi gas metan (kg CH ₄ /ha/musim)
Non PTT (pengairan terus-menerus)	6.720	283,0
Non PTT (pengairan berselang)	6.490	56,0
PTT (pengairan terus-menerus)	7.100	347,0
PTT (pengairan berselang)	6.760	78,0

Setyanto & Kartikawati (2008)

4. JAJAR LEGOWO (JARWO) SUPER

Jajar legowo (jarwo) super merupakan salah satu sistem pertanian ramah lingkungan yang menerapkan teknologi budidaya tanaman padi secara terpadu dengan cara tanam jajar legowo (jarwo) tipe 2 : 1 dengan jarak tanam 25 cm x 12,5 cm x 25 cm sehingga populasi total meningkat menjadi 213.333 rumpun per ha atau meningkat 30% dibandingkan dengan cara tanam tegel dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm setara dengan populasi 160.000 tanaman per ha (Balitbangtan, 2016 dalam Budi H., *dkk.*, 2019).

Jajar legowo (Jarwo) Super terdiri atas komponen-komponen teknologi (1). Benih VUB potensi hasil tinggi (2). Penggunaan Bio-dekomposer pada persiapan lahan (3). Pemanfaatan pupuk hayati dan pupuk berimbang berdasarkan PUTS. (4). Pengendalian OPT terpadu dengan pestisida nabati dan pestisida anorganik berdasarkan nilai ambang kendali dan (5). Penggunaan alsintan tanam dan panen (Balitbangtan, 2016).

Penerapan teknologi Jarwo super pada lahan seluas 100 hektar dengan komponen teknologi yang terdiri atas (i) benih padi VUB bermutu (Inpari 30, 32 dan 33), (ii) Perlakuan benih dengan pupuk hayati (Agrimeth), (iii), Persiapan lahan menggunakan bio-dekomposer (M-Dec) sebelum olah tanah, dengan traktor, (iv) Cara tanam jarwo tipe 2 : 1, dengan Alat Indojarwo, (v) Pemupukan berimbang menggunakan PUTS, (vi) Pengendalian OPT Terpadu dengan menggunakan pestisida nabati, (vii) Panen secara mekanisasi menggunakan “Combine Harvester” pada hamparan lahan sawah irigasi di Banyudono, Kabupaten Boyolali pada MK 2016, dan sebagai pembandingan dilakukan pengamatan budidaya eksisting petani disekitar areal percontohan (demplot), Hasil pengkajian keragaan hasil Jarwo Super seperti disajikan pada Tabel 4. Tampak bahwa penerapan teknologi Jarwo Super meningkatkan rerata hasil tiga varietas VUB sebesar 45 % di atas hasil padi yang menerapkan budidaya eksisting petani (hasil 7.125 t gkp/ha) hal ini didukung oleh meningkatnya jumlah anakan produktif sebesar 31% di atas teknologi budidaya eksisting (rerata jumlah anakan produktif 17.5 per rumpundan) dan jumlah gabah isi/malai sebesar 12,5 % diatas teknologi budidaya eksisting (rerata jumlah gabah isi 118 per malai).

Tabel 4. Keragaan VUB Padi melalui penerapan teknologi Jarwo Super pada lahan sawah irigasi di Banyudono, Kabupaten Boyolali, MK 2016

Inovasi teknologi	Varietas	Jml anakan produktif/rumpun	Jml gabah isi per malai	Hasil (t gkp/ha)	Kadar air (%)
Jarwo Super	Inpari 30	22,00 b	126,0 b	11.100 bc	23,33
	Inpari 32	24,00 c	139,0 c	11.330 c	21,24
	Inpari 33	23,00 bc	134,0 bc	10.690 b	22,85
Tekn. eksisting	St. bagendit	17,50 a	118,0 a	7.125 bc	23,50

Sumber: Budi H., dkk., (2019)

Pengembangan percontohan kegiatan Jarwo Super diperluas oleh Dirjen Tanaman Pangan di wilayah Propinsi Jawa Tengah seluas 1000 hektar yang tersebar di wilayah Kabupaten Klaten, Karanganyar, Sragen dan Boyolali dengan pengawalan teknologi oleh pihak Balitbangtan yang menunjukk BPTP Jawa Tengah. Hasil pengkajian penerapan teknologi Jarwo Super di wilayah Kabupaten Klaten seluas 200 hektar pada lahan sawah irigasi yang melibatkan sekitar 1200 petani koperator dengan menerapkan komponen teknologi yang terdiri atas (i) penggunaan padi VUB Inpari 33, (ii) perlakuan benih dengan pupuk hayati Agrimeth, (iii) sistem tanam jajar legowo tipe 2 : 1 dengan alat Indojarwo Transplanter, (iii) Penggunaan Bio-komposer M-Dec pada persiapan lahan dengan menggunakan traktor, (iv) Pengendalian OPT secara terpadu menggunakan pestisida nabati (bio-protektor), (v) Panen menggunakan Combine Harvester. Hasil penelitian menunjukkan penerapan teknologi Jarwo Super meningkatkan hasil panen sebesar 24,4 % diatas penerapan budidaya padi eksisting (hasil 6.750 t gkp/ha) dan memperoleh nisbah Keuntungan/Biaya (B/C) sebesar 2.54 (Supriyo dan P.Sisca, 2020).

Bio-dekomposer dapat digunakan dalam pembuatan kompos jerami, Pembenaman kompos jerami saat pengolahan tanah cenderung memberikan hasil padi var. Ciherang pada lahan tadah hujan lebih tinggi dibandingkan dengan pengembalian jerami segar. Selain itu pemberian kompos jerami dengan nisbah C/N rendah memberikan emisi gas methana (CH₄) lebih rendah dibandingkan dengan pemberian kompos jerami segar (Tabel 5) . Kompos jerami yang diinokulasi dengan *Azospirillum* sp meningkat hasil padi sawah sebesar 30%, setara gabah 1.400 t/ha dan menghemat penggunaan pupuk N sebesar sebesar 45 kg N/ha (Gunarto dkk., 2002).

Tabel 5. Hasil padi dan emisi gas methan pada ekosistem lahan sawah tadah hujan yang diberikan jerami segar dan kompos jerami

Pemberian Jerami Padi	Hasil (t gkg/ha)		Emisi gas methan (kg CH ₄ /ha/musim)	
	Tanam pindah	Tabela	Tanam pindah	Tabela
Tanpa jerami	3.930	6.940	97,0	76,0
Jerami segar	4.240	7.210	144,0	98,0
Kompos jerami	4.200	7.640	127,0	72,0

Sumber: Wihardjaka, 2011 dalam Wihardjaka, 2018.

5. PENGENDALIAN ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN (OPT) TERPADU

Organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti hama, penyakit dan gulma merupakan kendala dalam mempengaruhi stabilitas hasil tanaman padi. Investasi OPT di dalam budidaya tanaman padi dapat menurunkan produktivitas tanaman, oleh karenanya perlu dilaksanakan pengendalian guna mempertahankan stabilitas hasil. Infestasi gulma dalam tanaman padi dapat menurunkan hasil antara 18 – 58 % (Zakiah, 2017). Infestasi hama pada tanaman budidaya dapat menurunkan hasil tanaman padi, misal hama penggerek batang mampu

menurunkan hasil padi berkisar antara 20 – 80% di beberapa negara Asia Tenggara dan Selatan. Sejak era revolusi hijau pada tahun 1970 an penggunaan pestisida sintetik meningkat nyata dan berpengaruh terhadap pencapaian produksi tanaman padi yang tinggi. Namun kecenderungan petani menggunakan pestisida kimia secara tidak bijaksana meningkatkan akumulasi residu dalam tanah, air, produk pertanian yang menyebabkan predator dan musuh alami hama mati dan mengganggu kesehatan manusia (Soeyitno, 2002). Pestisida menjadi berbahaya karena efek sampingnya tertinggal di dalam tanaman, masuk dalam bahan makanan dan pencernaan makhluk hidup, terbawa air dan terbang lewat udara (Madun & Freed, 1990), seperti disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh pestisida terhadap tanah dan lingkungan air.

Jenis Pestisida	Lokasi	Efek
Herbisida		
Aromatic acid	Tanah	Terangkut dalam residu tanaman larut dapat merusak tanaman sekitarnya
Amide, Anilin, Ester, Carbamat	Air	Mematikan atau menghambat beberapa tanaman air
	Tanah	Terangkut dalam residu tanaman, <i>run off</i> permukaan dapat mengirim herbisida ke badan air
Insektisida		
Organoclorin	Tanah	Terangkut dalam residu tanaman, transport ke badan air
	Air	Erosi permukaan dapat membawa insektisida ke badan air
Organophosfat, Carbamat, Pyrethroid	Tanah	Umumnya umur pendek sehingga pengaruh ke tanaman kecil
	Air	Toksik untu algae tertentu

Sumber: Madun and Freed, 1990.

Residu pestisida yang terdeteksi dalam tanah dan produk pertanian telah banyak dilaporkan oleh Harsanti *dkk.*, (2009), bahwa residu pestisida organoklorin (DDT, Heptaklor, lindan) dalam padi, jagung, kedelai dan toat. Indrati *dkk.*, (2009) melaporkan bahwa residu beberapa senyawa organoklorin terdeteksi dalam darah petani sayuran di Pati, Magelang, dan Brebes dengan kisaran konsentrasi $td - 0,77 \text{ mg/kg}$ lindan, $0,02-0,13 \text{ mg/kg}$, aldrin $td-0.005 \text{ mg/kg}$, heptaklor dan $td - 0.15 \text{ mg/kg}$ endosulfan. Kurnia *dkk.*, (2009) melaporkan bahwa residu organofosfat terutama khlorofiripos dan diazinon dalam tanah sawah di Jawa Tengah telah melebihi nilai *acceptable daily intake* (ADI) yaitu $0,001 \text{ mg/kg}$ untuk khlorfirifos dan $0,002 \text{ mg/kg}$ untuk diazinon.

Pendekatan pengendalian OPT terpadu dimaksudkan dalam rangka upaya pengendalian yang ramah lingkungan. Konsep HPT awalnya adalah pengendalian hama yang memadukan pengendalian hayati dengan pengendalian secara kimiawi untuk membaasi penggunaan pestisida (Stem *dkk.*, dalam Untung, 2000). Untung, 2000 pengendalian hama terpadu (PHT) menekankan pada pemilihan, perpaduan dan penerapan pengendalian hama yang didasarkan pada perhitungan dan penaksiran konsekuensi ekonomi, ekologi dan sosiologi.

Konsep PHT di Indonesia selain sebagai teknik pengendalian hama, juga sebagai pendekatan pemberdayaan dan peningkatan sumberdaya manusia dan menempatkan petani sebagai penentu dan pelaksana utama PHT di tingkat lapangan (Untung, 2000). Penerapan konsep PHT dapat mengurangi penggunaan pestisida kimia dengan menggunakan varietas toleran, bio-kontrol dengan agensia hayati seperti *Bacillus thuringiensis* atau penggunaan pestisida nabati. Beberapa varietas pada yang relatif tahan terhadap WBC biotipe 1, 2, 3 adalah varietas Inpari 13,14,18, 19, 22, 31 dan 33 (Mejana *dkk.*, 2014).

Tumbuhan-tumbuhan potensial sebagai pestisida nabati disajikan pada Tabel 7. Penyediaan dari bahan baku tumbuhan nabati tersebut perlu diperhatikan untuk menyediakan bahan baku pestisida nabati yang cukup dan berkesinambungan (Fagi *dkk.*, 2013). Pemberian pestisida nabati dari biji mimba secara rutin sebagai upaya pencegahan dapat mengurangi serangan hama wereng coklat di lahan sawah tadah hujan pantura Jawa Tengah di bagian timur dan menyelamatkan kehilangan hasil sebesar 23,55 persen (Zakiah, 2017).

Tabel 7. Tumbuhan yang berpotensi sebagai pestisida nabati di Indonesia

Nama Lokal	Nama Latin	Nama Lokal	Nama Latin
Jawer kotok	<i>Lantara camara</i>	Tembakau	<i>Nicotiana tobacum</i>
Mindi	<i>Melia azedarch</i>	Gadung	<i>Dioscorea hispida</i>
Lidah buaya	<i>Agave americana</i>	Paitan	<i>Eupatorium inulifolium</i>
Jambu mete	<i>Anacardium occidentale</i>	Kenikir	<i>Tagetes patula</i>
Sirsak	<i>Annona muricata</i>	Temu ireng	<i>Curcuma longa</i>
Srikaya	<i>Annona squamosa</i>	Kencur	<i>Kaenfena galanga</i>
Manggis negri	<i>Mamea americana</i>	Rengas	<i>Gluta rengkas</i>
Sirih	<i>Piper betle</i>	Bintaro	<i>Carbera mangkas</i>

Kacang babi	<i>Teprosia vogelii</i>	Ginje	<i>Theretia penefianum</i>
Tuwaleteng	<i>Derris elliptica</i>	Ubi kayu	<i>Manihot esculenta</i>
Legundi	<i>Viltex negundo</i>	Kluwak	<i>Pangium edule</i>
Ujung pandan	<i>Rhus coriaria</i>	Keben	<i>Bangtonia asiatica</i>
Kipahit	<i>Tithonia tagrifolia</i>	Bengkuang	<i>Phachyrhizus erosus</i>
Mimba	<i>Azadirachta indica</i>	Mandalika	<i>Glonosa superba</i>
Babakoan	<i>Calotropis gigantea</i>	Ancar karang	<i>Anaris toxicorin</i>
Jarak	<i>Sapindus marginatus</i>	Jambu	<i>Areca catechu</i>
Piretrum	<i>Crysanthemum folium</i>	Sawo kecil	<i>Polygonum barbatum</i>
Kipahan laut	<i>Pongumia glabra</i>	Toweran	<i>Derris barbatum</i>
Ziman hantu	<i>Atalantia monophyta</i>	Kecubung	<i>Datura pastuosa</i>
Jaringao	<i>Acorus calanuas</i>	Kinjan	<i>Prema paratica</i>
Brotowali	<i>Tinospora tukerculata</i>	Oyod peron	<i>Anamirta cocolog</i>

6. KESIMPULAN

Upaya peningkatan produktivitas tanaman pangan khususnya padi perlu mempertahankan kelestarian lingkungan, dengan mengurangi penggunaan “input” baik berupa pupuk anorganik maupun pestisida kimia dengan memanfaatkan sumberdaya pertanian yang efisien sehingga meningkatkan efisiensi usahatani.

Penerapan model pertanian ramah lingkungan untuk tanaman pangan khususnya padi yang mengintegrasikan komponen teknologi spesifik lokasi dengan melibatkan partisipasi aktif petani dan petugas lapangan dalam petak percontohan maupun dalam skala hamparan luas dan perlu dukungan pengambil kebijakan.

Pertanian ramah lingkungan diusahakan dengan memanfaatkan penggunaan “input” komponen teknologi terpilih seperti penggunaan VUB adaptif, hasil tinggi dan rendah emisi, penggunaan “seed treatment” pupuk hayati pada persemaian, cara tanam jarak legowo, pemupukan berimbang dengan sumber yang tepat dan penggunaan pupuk organik (rendah C/N), pengendalian OPT terpadu dengan memanfaatkan pestisida nabati, pengairan secara berselang (*intermittent irrigation*), dan penggunaan alsintan prapanen dan panen untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja, sehingga mampu meningkatkan produktivitas padi dan menjaga kualitas lingkungan serta meningkatkan efisiensi dalam usahatani padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Litbang Pertanian, 2007. *Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah Irigasi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Balitbangtan, 2016. *Petunjuk Teknis Budidaya Padi Jajar Legowo Super*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Budi, H., J. Triastono dan A. Supriyo, 2019. *Keragaan Pertumbuhan dan Hasil Padi pada implementasi Teknologi Jarwo Super di Kabupaten Boyolali*. Dalam: Peningkatan Produksi Padi Melalui Super. Hermawan, A dkk (Eds). IAARD Press. Halaman : 24 – 42.
- Dadi, D. 2021. Pembangunan Pertanian dan Sistem Pertanian Organik : Bagaimana dan Strategi Demi Pangan Berkelanjutan. *Jurnal Edukasi dan Development*. Institut Tapanuli Selatan. Vol. 9 (3) Agustus 2021. pp. 556 – 572.
- Fagi, A.M., A. Djulin., P. Setyanto dan A. Wihardjaka, 2013. *Pedoman Umum Pengembangan Model Ramah Lingkungan Berkelanjutan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- FAO COAG, 2003. *GAP Paper. FAO Committee on Agriculture (COAG)*. Seventeenth Session, Rome, 13 March – 4 April 2003. Development of a Framework for Good Agriculture Practices.
- Gunarto, L., P.Lestari, H. Supadmo dan A.R. Marzuki, 2002. Dikomposisi jerapi padi, inokulasi *Azospirillum* dan pengaruhnya terhadap efisiensi pupuk N pada padi sawah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. Vol. 21 (1). pp.1 – 10.
- Harsanti, E.S., S.Y. Jatmiko dan A.N. Ardiwinata, 2009. *Mitigasi residu organofosfat pada lahan bawang merah*. Prosiding Sem-Nas dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Buku III. Informasi Sumberdaya Air, Iklim dan Lingkungan Bogor, 18 – 20 Nov 2009. Halaman : 189 – 200.
- Hendardi, A, 2013. *Model Perencanaan Pembangunan Pertanian Ramah Lingkungan (mP3RL)*. Makalah dalam Raker Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Semarang 3 – 6 April 2013.

- Hesti, J., H.L. Susilowati dan Ali Pramono, 2019. Penerapan Paket Teknologi Ramah Lingkungan untuk Mengurangi emisi gas methan di lahan sawah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 17 (1), pp. 149-157.
- Husnain., D.Nursyamsi dan H. Wibowo, 2014. *Tantangan Pertanian Ramah Lingkungan Akibat Penggunaan Bahan Agrokimia*. Prosiding Semnas Pertanian Organik. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 18 – 19 Juni 2014. Pp. 181-187.
- Indratin., Poniman, A Ikhwan dan A.N Ardiwinata, 2009. *Kontaminasi residu organoklorin pada petani sayuran di Pati, Magelang dan Brebes*. Prosiding SemNas dan Dialog Sumberdaya Air, Iklim dan Lingkungan. Buku III. Bogor, 18 – 20 November 2008. Pp.113 – 122.
- Gunawan., K. Hidayat dan M. Purnomo, 2013. Inovasi Teknologi Ramah Lingkungan pada komunitas petani sayuran. *Habitat*. Vol.24 (1) April 2013. Pp.20 – 32.
- Kurnia, A. S. Wahyuni dan A.N, Ardiwinata, 2009. *Residu organofosfat di Jawa Tengah*. Prosiding SemNas dan Dialog Sumberdaya Air, Iklim dan Lingkungan. Buku III. Bogor, 18 – 20 November 2008. Pp.181 – 188.
- Madun YA and Freed WH, 1990. *In pesticides in the soil environment : Process, Impact and Medleing*. H.H. Change Ed. SSSA. Book Series No 2. Soil Sci Soc of America, Madison, Wi. 429.
- Mejana, M.J., R.H. Praptana., N.A.Subekti., M. Aqil, A. Musaddad dan F.Putri, 2014. *Diskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2009 – 2014*. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.
- Neny H., dan T.S Retnaningsih, 2017. *Pertanian Ramah Lingkungan di Daerah Tangkapan Air Danau Rawa Pening*. Proceeeding Biology Education Conference, UNS Solo Vol 14 (1), pp.126 – 130.
- Nursida dan Yulianti, 2021, Meminimalisir penggunaan pupuk KCL dengan Substitusi POC Sabut kelapa dalam upaya menciptakan pertanian ramah lingkungan pada budidaya Jagung manis. *Jurnal Inovasi Pertanian*. Vol.1 (3),pp.1059 – 1063.
- Rochayati, S. 2013. *Model pertanian ramah lingkungan lahan kering masam*. Makalah disampaikan pada Rapat Kerja Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Semarang 3 – 6 April 2013. 15 Hal.
- Sarlan, A, 2011. Peran Pendekatan Teknologi dan Input Produksi terhadap Hasil Padi. *Penelitian Pertanian*. Vol.20 (2), pp.6 – 12.
- Sarwani, M dan I. Las, 2013. *Formulasi dan akselerasi pengembangan pertanian ramah lingkungan*. Makalah disampaikan pada Rapat Kerja Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Semarang 3 – 6 April 2013. 20 Halaman.
- Setiyanto, P dan R. Kartikawati, 2008. Sistem pengelolaan tanaman padi rendah emisi gas metan. *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan*. Vol. 27 (3), pp.154 – 163.
- Sukarman, Kdan E. Suryani. 2013. *Evaluasi lahan salah satu upaya menuju pertanian ramah lingkungan*. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Ramah Lingkungan. Sulaiman Y dkk (Eds). Bogor, 29 Mei 2013. Halaman : 725 – 745.
- Soemarno, 2001. *Konsep usahatani lestari dan ramah lingkungan*. Prosiding Seminar Nasional. Budidaya Pangan Berwawan Lingkungan, Jakenan 7 Maret 2000. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. Halaman : 1- 3.
- Soemarno, I.G. Ismail dan Sutjipto, Ph. 2000. *Konsep Usahatani ramah lingkungan*. Dalam : Makarim *et al.*, (Eds) Tonggak kemajuan teknologi produksi tanaman pangan. Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV. Puslitbang Tanaman Pangan Bogor. Hal : 55 – 74.
- Soeyitno, J. 2002. Pesticide residues on food crops and vegetables in Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol.21 (4),pp.124 – 132.
- Supriyo, A., Y. Hindarwati dan R. Nurlaily, 2020. Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Ramah Lingkungan terhadap hasil padi dan emisi gas rumah kaca (GRK) di lahan sawah irigasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol.18 (1) April 2020,pp.15 – 22.
- Supriyo, A dan P.S. Sherly, 2020. *Analisis teknis, ekonomi dan Sosial Inovasi Teknologi Jarwo Super di lahan sawah irigasi. (Studi Kasus : Kabupaten Klaten)*. Prosiding Seminar Nasional “Kesiapan Sumberdaya Pertanian dan Inovasi Teknologi Spesifik Lokasi Memasuki Era Industri 4.0. BBP2TP Bogor-UKSW Salatiga. Hermawan A dkk (Eds). Halaman : 461 – 470.

- Susanto, R. 2002. *Penerapan pertanian organik pemsyarakatan dan pengembangannya*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Wihardjaka, A. 2011. Pengaruh sistem tanam dan pemberian jerami padi terhadap hasil padi dan emisi methana pada lahan sawah tadah hujan. *Pangan*. Vol.20 (4), pp.357 – 364.
- Wihardjaka, E dan D. Nursyamsi, 2012. Pengelolaan Tanaman Terpadu pada padi sawah yang ramah lingkungan. *Jurnal Pangan*. Vol. 21 (2) Juni 2012,pp.185 -196.
- Wihardjaka, E. 2018. Penerapan Model Pertanian Ramah Lingkungan Sebagai Jaminan Perbaikan Kuantitas dan Kualitas Hasil Tanaman. *Pangan*. Volume 2, 2018,pp.155 – 161.
- Zakiah, 2017. Potensi mimba (*Azadirachta indica*,). *Warta Litbang Pertanian*, Vol.39 (2) : 9 – 11.