

Pengaruh Aplikasi *Trichoderma* spp. *Indigenous* terhadap Hasil Padi Varietas Junjuang Menggunakan *System of Rice Intensification*

Effects of Indigenous Trichoderma spp. Application on the Yield of Junjuang Variety Rice under the System of Rice Intensification

Nelson Elita, Rita Erlinda, Harmailis, Eka Susila*

Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jalan Raya Negara KM.7 Tanjung Pati, Harau, Lima Puluh Kota 26271, Sumatera Barat, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 28 Januari 2021
Disetujui: 26 Maret 2021
Dipublikasi online: 9 April 2021

Kata Kunci:

Indigenous
Junjuang
System of Rice Intensification (SRI)
Trichoderma spp.

Keywords:

Indigenous
Junjuang
System of Rice Intensification (SRI)
Trichoderma spp.

Direview oleh:

Edi Husen, Ety Pratiwi

Abstrak. Mikroba telah banyak digunakan untuk meningkatkan hasil padi dengan *System of Rice Intensification* (SRI). Namun peningkatan produksi padi SRI menggunakan jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh isolat jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* yang diisolasi dari berbagai varietas padi terhadap peningkatan hasil padi varietas Junjuang dengan metode SRI. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan enam jenis isolat *Trichoderma* spp. *indigenous*, satu kontrol dan tiga ulangan. Perlakuan: T0 = Kontrol (tanpa isolat *Trichoderma* spp.), T1 sampai T6 berturut-turut adalah isolat jamur *Trichoderma* spp. *indigenous*, diekstrak dari rizosfer padi varietas Kuning Kurik, Pandan Wangi, Junjuang, Silih Baganti, Ketan Merah, dan Sokan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi isolat jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* nyata meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan padi dibandingkan dengan kontrol. Aplikasi isolat *Trichoderma* spp. *indigenous* meningkatkan jumlah gabah per malai antara 52 sampai 110% dibandingkan T0 dan tertinggi pada T3. Persentase gabah hampa terendah pada T3 (5%) dan tertinggi pada T0 adalah (32%). Berat gabah kering per pot tertinggi pada T3 (98,2 g) dan nyata lebih tinggi dibandingkan pada T0 (58,4 g). Berat 1.000 biji tertinggi pada T3 (20,7 g) dan terendah pada T0 (17,9 g). Penelitian ini menyimpulkan bahwa isolat *Trichoderma* spp. *indigenous* dari rizosfer varietas Junjuang (T3) memberikan pengaruh tertinggi terhadap peningkatan hasil padi varietas Junjuang dengan metode SRI. Terdapat kesesuaian isolat *Trichoderma* spp. *indigenous* dari rizosfer varietas Junjuang dengan tanaman inangnya sehingga isolat tersebut meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Abstract. Microbes has been widely used for increasing rice yield under the System of Rice Intensification (SRI). However, the increase in SRI rice yield using *indigenous Trichoderma* spp. fungus is not yet known. This study aimed to evaluate the effect of *indigenous Trichoderma* spp. isolated from the rizosphere of various rice varieties on the yield of Junjuang rice varieties under the SRI. This study used a completely randomized design with six types of *indigenous Trichoderma* spp. isolates, one control and three replications. Treatment: T0 = Control (without *Trichoderma* spp. isolate), T1 to T6 were *indigenous Trichoderma* spp. isolated from rice rizosphere of varieties Yellow Kurik, Pandan Wangi, Junjuang, Silih Baganti, Red Sticky Rice, and Sokan, respectively. The results showed that the effects of *indigenous Trichoderma* spp. application on plant height and number of tillers were significantly higher than those of control. Application of *indigenous Trichoderma* spp. isolates increased the number of grain per panicle 52 to 110% compared to T0, and the highest was at T3. The lowest percentage of empty unhulled rice was at T3 (5%) while that of T0 was 32%. The highest dry grain weight per pot at T3 was 98.2 g, and was significantly higher than that of T0 (58.4 g). The highest weight of 1.000 seeds was at T3 (20.7 g) and the lowest was at T0 (17.9 g). This study concludes that *indigenous Trichoderma* spp. of the Junjuang (T3) variety rizosphere gave the greatest effect on increasing the yield of Junjuang rice varieties under the SRI. There seems to be a suitability of *indigenous Trichoderma* spp. isolates extracted from the rizosphere of the Junjuang rice variety with its host plant such that the isolate increased the crop growth and yield.

Pendahuluan

System of Rice Intensification (SRI) merupakan inovasi dalam budidaya padi dimana metode ini dapat meningkatkan produktivitas tanah, menghemat tenaga kerja, air, dan modal. SRI dapat menghemat air dan benih mengurangi biaya, dan meningkatkan hasil padi (Uphoff

2015). SRI bekerja dengan mengubah pengelolaan tanaman, tanah, air, dan unsur hara yang digunakan dalam produksi padi. Bibit ditanam umur 10-12 hari, dengan satu bibit per titik tanam, jarak tanam lebar, air tidak tergenang terus menerus, dan tanahnya lebih banyak bahan organik. Sistem ini meningkatkan pertumbuhan dan fungsi sistem perakaran tanaman padi serta meningkatkan jumlah dan

* Corresponding author: ekasusila38@yahoo.com

keanekaragaman mikroba tanah yang berkontribusi pada kesehatan dan produktivitas tanaman.

SRI dengan sistem aerob menyebabkan mikroba bermanfaat hidup dengan populasi melimpah, meningkatkan kualitas beras, jumlah anakan, dan hasil tanaman padi (Thakur *et al.* 2016; Gathome-Hardy *et al.* 2016). Peranan mikroba dalam meningkatkan hasil padi pada padi metode SRI sangat beragam dipengaruhi oleh jenis dan kombinasi mikroba, daya adaptasi dengan lingkungan, dan teknik aplikasi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mikroba *indigenous* mampu meningkatkan hasil tanaman padi metode SRI (Elita *et al.* 2018; Erlinda *et al.* 2020).

Penggunaan pupuk organik yang mengandung mikroba pada tanah sawah meningkatkan pertumbuhan tanaman dan kualitas tanah dengan mempengaruhi aktivitas dan populasi mikroba (Cozzolino *et al.* 2016). Aplikasi kompos bioorganik mengandung mikroba *indigenous* jamur *Trichoderma* spp., bakteri *Pseudomonas fluorescens*, dan *Azotobacter* sp. mampu meningkatkan hasil tanaman padi metode SRI dengan pupuk anorganik N dan P 50% dan meningkatkan kandungan hara tanah sawah (Elita *et al.* 2020; Erlinda *et al.* 2019).

Salah satu mikroba keberadaannya banyak dijumpai hampir pada semua jenis tanah dan berbagai habitat yaitu jamur *Trichoderma* spp. Jamur ini dapat berkembang biak dengan cepat pada daerah perakaran tanaman termasuk akar tanaman padi. Jamur *Trichoderma* spp. berasosiasi dengan akar tanaman dan menyelimuti akar sehingga merupakan hubungan simbiosis mutualisme yang saling menguntungkan.

Jamur *Trichoderma* spp. berfungsi sebagai organisme pengurai, agensia hayati, dan stimulator pertumbuhan tanaman. Beberapa spesies jamur *Trichoderma* spp. sebagai agensia hayati seperti jamur *T. harzianum*, *T. viridae*, dan *T. koningii* berspektrum luas pada berbagai tanaman pertanian. Biakan jamur *Trichoderma* spp. diberikan ke areal pertanaman berfungsi sebagai biodekomposer untuk mendekomposisikan limbah organik menjadi kompos (Made *et al.* 2017).

Jamur *Trichoderma* spp. dapat menguraikan fosfat dari Al, Fe, dan Mn. Pada tanah masam P terikat dengan Al dan Fe membentuk ikatan tidak larut di dalam tanah masam dengan kepekaan ion Fe dan Al melebihi H_2PO_4 , akibatnya membentuk senyawa fosfor tidak larut. Sejumlah H_2PO_4 tersisa merupakan bagian tersedia bagi tanaman. P yang terikat dengan Al dan Fe diuraikan oleh mikroba tanah tersedia bagi tanaman pada kondisi masam (Syahputra *et al.* 2017).

Menurut Cai *et al.* (2015) jamur *Trichoderma* spp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan melepaskan senyawa seperti hormon sehingga meningkatkan perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman yang cepat menyebabkan populasi mikroba melalui sekresi sejumlah besar eksudat akar yang pada gilirannya meningkatkan ketersediaan nutrisi untuk konsumsi mikroba (Carvalhais *et al.* 2015).

Berbagai penelitian jamur *Trichoderma* spp. diaplikasikan sebagai biodekomposer bahan organik pada tanah. Peran jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* pada padi, yang diisolasi dari rhizosfer beberapa varietas padi dan diaplikasikan pada padi varietas Junjuang belum diketahui. Varietas padi Junjuang merupakan padi lokal unggul spesifik yang telah dilepas oleh pemerintah pada tahun 2009. Menurut Zen (2011), varietas Junjuang tersebut banyak dibudidayakan oleh masyarakat di Kabupaten Lima Puluh Kota bahkan juga dibudidayakan di daerah kabupaten lainnya di Sumatera Barat. Penelitian ini memberikan informasi yang berguna dengan teknologi produksi berkelanjutan dan ramah lingkungan, dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi varietas Junjuang. Oleh karena itu dilakukan penelitian pengaruh aplikasi isolat jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* dari rhizosfer varietas padi yang berbeda, untuk memperoleh diantara isolat tersebut mana yang secara signifikan dapat meningkatkan hasil padi varietas Junjuang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi isolat jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* yang diisolasi dari berbagai varietas padi terhadap peningkatan hasil padi varietas Junjuang dengan metode SRI.

Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan benih padi (varietas Junjuang), pupuk anorganik berupa urea (N 45%), SP-36 (36% P_2O_5), dan KCl (K_2O 60%), Jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* dan tanah sawah. Penelitian dilaksanakan di rumah plastik Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Sumatera Barat dengan koordinat $0^{\circ}10'24,132''S$, $100^{\circ}39'52,38''E$ pada bulan Agustus sampai Desember 2020.

Isolasi *Trichoderma* spp. *Indigenous*

Isolasi jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Jamur *Trichoderma* spp. *indigenous* diambil dari tanah rhizosfer padi. T1 diisolasi dari varietas Kuning Kurik, T2 diisolasi dari varietas Pandan Wangi, keduanya diambil di nagari Taram, Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota dengan koordinat $0^{\circ}12'25''S$,

100°41'33"E. T3 diisolasi dari varietas Junjuang diambil di nagari Andaleh Balik Bukit, Kecamatan Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota dengan koordinat 0°13'33"S, 100°40'7"E. T4 diisolasi dari varietas Silih Baganti, T5 diisolasi dari varietas Ketan Merah, dan T6 diisolasi dari varietas Sokan, ketiganya diambil dari Kelurahan Padang Datar Tanah Mati, Kecamatan Payakumbuh Barat, Kota Payakumbuh dengan koordinat 0°12'58"S, 100°37'08"E. Masing-masing sampel padi diambil tiga rumpun.

Jamur *Trichoderma* spp. *indigenus* dibiakkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Hasil isolat jamur *Trichoderma* spp. *indigenus* ini belum dilakukan karakteristik morfologi. Hasil biakan pada media PDA umur empat minggu seperti disajikan pada Gambar 1.

Persiapan Media Tanam

Media tanah diambil dari tanah sawah kenagarian Taram, Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota. Tanah diambil secara komposit pada kedalaman lapis 0-20 cm. Tanah dikering-anginkan dan kemudian diayak yang lolos mata ayak 2 mm sebanyak 11 kg pot⁻¹. Pada penelitian ini tidak diberi bahan organik atau kompos untuk menjaga agar tidak ada pengaruh mikroba lain selain dari perlakuan jamur *Trichoderma* spp. *indigenus*.

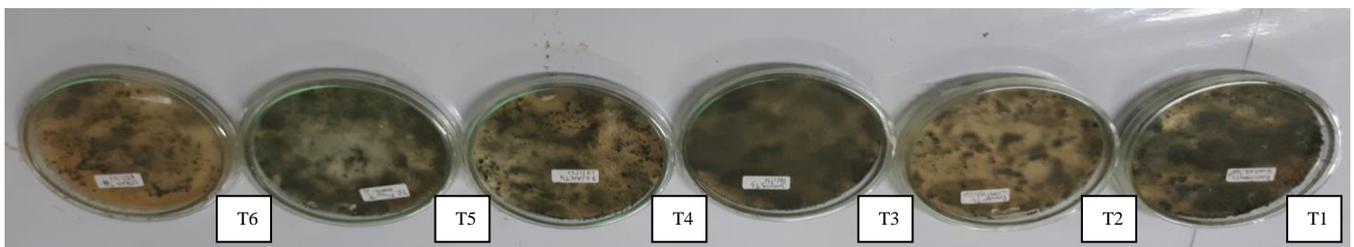
Analisis kandungan hara tanah dilakukan pada awal penelitian dan setelah diberi perlakuan umur delapan Minggu Setelah Tanam (MST). Analisis hara di laksanakan di laboratorium tanah Politeknik Pertanian

Negeri Payakumbuh. Analisis tanah awal dilakukan dengan cara sampel tanah dikumpulkan dicampur secara menyeluruh untuk menyiapkan sampel komposit diambil kira-kira 250 g sebagai sampel kerja. Penilaian status kesuburan tanah mengacu pada kriteria penilaian data analisis tanah dan kombinasi beberapa sifat kimia tanah dan status kesuburan tanahnya (PPT 1995).

Analisis tanah hara setelah diberi perlakuan dengan mengambil sampel tanah sebanyak 250 g dari masing-masing pot percobaan dilakukan pada umur tanaman padi delapan MST, karena setelah umur tanaman padi delapan MST memasuki fase generatif dilakukan penggenangan, sehingga kondisi tanah anaerob. Hasil dari analisis tanah sawah awal penelitian yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap yaitu dengan enam jenis *Trichoderma* spp. *indigenus*, satu kontrol dan tiga ulangan. T0 = Kontrol (tanpa isolat *Trichoderma* spp.), T1 = isolat *Trichoderma* spp. diisolasi dari varietas Kuning Kurik, T2 = isolat *Trichoderma* spp. diisolasi dari varietas Pandan Wangi, T3 = isolat *Trichoderma* spp. diisolasi dari varietas Junjuang, T4 = isolat *Trichoderma* spp. diisolasi dari varietas Silih Baganti, T5 = isolat *Trichoderma* spp. diisolasi dari varietas Ketan Merah, T6 = isolat *Trichoderma* spp. diisolasi dari varietas Sokan.



Gambar 1. Isolat *Trichoderma* spp. (T1-T6) setelah berumur empat minggu pada media PDA

Figure 1. Isolate of *Trichoderma* spp. (T1-T6) after four weeks in PDA media

Tabel 1. Hasil analisis tanah awal penelitian

Table 1. Results of the initial soil analysis of the study

Parameter	Metode Analisis	Hasil	Kriteria
pH 1:1	H ₂ O	6,05	Agak masam
C-Organik (%)	Walkley & Black	5,38	Sangat tinggi
C/N		8,93	Sedang
N-Total (%)	Kjeldahl	0,18	Rendah
P (ppm)	Bray 1	14,0	Sedang
KTK (me 100 g ⁻¹ tanah)	N NH ₄ OAc pH 7.0	12,65	Rendah

Perbanyak Massal Isolat *Trichoderma spp. Indigenus*

Aplikasi *Trichoderma spp. indigenus* dalam bentuk cair menggunakan medium *Potato Dextrose Broth* (PDB). Kentang merupakan sumber karbohidrat bagi kebutuhan *Trichoderma spp.*, pada masa transisi diawal pemberian jamur *Trichoderma spp.* belum teradaptasi dengan baik membutuhkan waktu untuk bisa tumbuh dan berkembang sehingga sumber nutrisi dari media kentang ini.

Pembuatan PDB dibuat dengan cara kentang sebanyak 200 g dipotong kecil dan direbus dalam air suling dengan volume 400 ml disaring diambil ekstraknya. Kemudian ditambahkan dekstrosa 20 g untuk dan aquades sampai volumenya 1.000 ml. Larutan dimasukkan ke dalam labu *Erlenmeyer*, masing-masing sebanyak 100 ml. Medium disterilkan menggunakan *autoklaf* bersuhu 121°C selama 15 menit mengikuti metode penelitian yang dimodifikasi oleh Yudha *et al.* (2016). Selanjutnya isolat-isolat *Trichoderma spp. indigenus* dipindahkan secara aseptis ke dalam PDB dalam labu *Erlenmeyer*, dan dikocok dengan orbital *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama enam hari pada suhu kamar. Selanjutnya, dihitung kerapatannya hingga mencapai 10^6 spora ml^{-1} .

Spora pada inokulan *Trichoderma spp.* dihitung menggunakan alat *haemocytometer*. Setelah diketahui jumlah spora per luasan tertentu, maka akan diketahui kerapatan spora dalam setiap mililiter campuran *Trichoderma spp.* yang berbeda. Kerapatan spora dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C = t \times 0,25 \times 10^6$$

Keterangan :

C = Kerapatan spora per ml larutan

t = Rata-rata jumlah spora dalam kotak sedang

0,25 = Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala sedang pada *haemocytometer*

Aplikasi volume jamur *Trichoderma spp. indigenus* masing-masing perlakuan setiap kali pemberian dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

Keterangan:

V_1 = Volume air suling yang akan ditambahkan

C_1 = Jumlah spora dari masing-masing perlakuan

V_2 = Volume yang ditetapkan kebutuhannya

C_2 = Jumlah spora yang ditetapkan kebutuhannya

Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman

Benih varietas Junjuang direndam awalnya dalam air hangat kemudian dibiarkan terendam selama 24 jam.

Benih ditiriskan pada saringan ditutup dengan kain lembab dan diinkubasi selama dua hari sampai berkecambah. Disiapkan media persemaian tanah dan pupuk organik (kotoran sapi) (1:1 v/v). Benih yang sudah ditiriskan ditabur diatas media persemaian secara merata. Nampun persemaian benih diletakkan di rumah plastik. Umur bibit di persemaian sampai 12 hari.

Sehari sebelum pindah tanam bibit, tanah di dalam pot diairi, dan dipertahankan pada kondisi macak-macak sampai pada saat tanam bibit. Bibit ditanam satu bibit per pot. Pot yang digunakan berdiameter 40 cm dan tinggi 30 cm. Tanah dengan berat 11 kg diisikan ke dalam pot sehingga berat volume tanah adalah $1,08 \text{ g cm}^{-3}$.

Dalam percobaan ini dilakukan pemupukan 50% dosis anjuran. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh aplikasi *Trichoderma spp. indigenus* dalam mengefisienkan pupuk buatan ($150 \text{ kg urea ha}^{-1}$; $150 \text{ kg SP-36 ha}^{-1}$; dan $50 \text{ kg KCl ha}^{-1}$; yang setara dengan $1,3 \text{ g urea pot}^{-1}$; $1,3 \text{ g SP-36 pot}^{-1}$; dan $0,45 \text{ g KCl pot}^{-1}$). Pupuk diberikan dengan cara melingkar berjarak 7 cm pangkal batang padi pada saat tanam, sedangkan pupuk urea diaplikasikan dua kali, setengah dosis saat tanam dan sisanya 35 hari setelah tanam diberikan melingkar berjarak 12 cm dari pangkal rumpun padi.

Aplikasi Isolat Jamur *Trichoderma spp. Indigenus*

Aplikasi isolat jamur *Trichoderma spp. indigenus* diberikan sebanyak lima kali pada umur tanaman 2, 4, 6, 8, dan 10 MST dengan dosis 20 ml, 50 ml, 100 ml, 100 ml, dan 100 ml pot^{-1} . Setiap 1 ml inokulan mengandung 10^6 spora *Trichoderma spp.* Pengaplikasian enam isolat *Trichoderma spp. indigenus* dalam gelas ukur dilakukan sesuai perlakuan dengan menuangkan masing-masing isolat ke dalam pot percobaan disekitar perakaran bibit padi (berjarak 5-10 cm) dari pangkal batang padi sesuai dengan perkembangan umur padi.

Pemeliharaan tanaman meliputi pengairan, pengendalian gulma, hama/penyakit tanaman. Pengairan dilakukan dengan pemberian air sampai menggenang maksimal 2 cm di atas permukaan tanah, kemudian dibiarkan mengering, dengan interval pemberian air tiga hari sekali. Pengendalian gulma dilakukan dengan mencabut langsung, sedangkan pengendalian hama secara mekanik untuk belalang.

Panen 110 Hari Setelah Tanam (HST), pada saat 90%-95% gabah berubah menjadi kuning.

Pengamatan

Parameter pertumbuhan yang diukur adalah: tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah anakan produktif per

rumpun, jumlah gabah total per malai, jumlah gabah hampa per malai, berat 1.000 butir, persentase gabah total, persentase gabah hampa, berat gabah kering per rumpun, panjang akar, dan berat kering akar. Sampel untuk jumlah gabah total per malai dan jumlah gabah hampa per malai diambil tiga malai per pot. Semua data dianalisis secara statistik menggunakan uji pada probabilitas 5%.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan menggunakan *Statistical Analysis System (SAS) 9.1 for Windows*. Jika terdapat hasil data yang berbeda nyata selanjutnya dilakukan uji wilayah berganda *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* untuk melihat perbedaan perlakuan pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Analisis Kimia Tanah

Analisis kimia tanah penelitian datanya tidak dianalisa secara statistik. Aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* pada padi metode SRI varietas Junjuang terhadap analisa kimia tanah pada umur tanaman padi delapan MST seperti disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis kimia tanah setelah aplikasi jenis isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* meningkatkan nilai pH tanah pada perlakuan T3 diikuti oleh T4, T5, dan T1 yang merubah nilai status pH tanah dari agak masam (6,05) menjadi netral berturut-turut (6,65; 6,58; 6,53; dan 6,52). Pada T3 *Trichoderma* spp. *indigenus* kemampuan melakukan mineralisasi merombak bahan organik lebih tinggi sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* asal rhizosfer varietas Junjuang dikembalikan ke tanaman inangnya, yang mempengaruhi pada kenaikan pH tanah. Pada pH tanah netral tanaman dapat menyerap unsur hara dengan baik.

Nilai C/N turun dari kondisi awal 8,93 (sedang) menjadi 7,24 (T3) dan 7,61 (T4) dengan status menjadi rendah (PPT 1995). Pada perlakuan lain T1, T2, T5, dan T6 masih stabil dalam kondisi sedang. Mikroba membutuhkan karbon dan nitrogen untuk aktivitas hidupnya. Rasio C/N tinggi, aktivitas biologi mikroba berkurang, diperlukan beberapa siklus mikroba untuk mendegradasi bahan organik yang ada dalam tanah sehingga perlu waktu yang lama. Isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* asal varietas Junjuang (T3) memberikan nilai C/N yang rendah diantara perlakuan lain sehingga kondisi ini menggambarkan aktivitas biologi isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* asal varietas Junjuang lebih aktif daripada perlakuan lain.

C-organik tanah awal 5,38% tergolong sangat tinggi, setelah aplikasi *Trichoderma* spp. ada peningkatan C-organik dari kisaran dari 5,47-5,59%. Kandungan C-organik sangat tinggi menunjukkan tingginya produksi bahan organik tanah yang digunakan. Bahan organik merupakan salah satu kriteria penilaian kesuburan tanah. Nilai C-organik pada tanah sawah awal penelitian tergolong tinggi karena tanah sawah yang diambil setiap musim tanam digilir dengan tanaman hortikultura. Aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* meningkatkan nilai C-organik, namun masih pada golongan sama dengan tanah awal. C-organik pada perlakuan T3 lebih tinggi dari pada perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* asal rhizosfer varietas Junjuang lebih banyak melakukan mineralisasi bahan organik tanah yang ada di sekitar rhizosfer padi sehingga nilai C-organik lebih tinggi.

Nilai N-total tanah awal 0,18% tergolong rendah, setelah aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* adanya peningkatan nilai N-total tanah berkisar 0,21-0,32% tergolong sedang. Hal ini menunjukkan adanya jumlah dan sumber N yang berperan meningkatkan nilai N-total yaitu *Trichoderma* spp. Jamur *Trichoderma* spp. memiliki kemampuan dalam meningkatkan maupun memperbaiki

Tabel 2. Analisis hara tanah pada umur delapan minggu setelah tanam

Table 2. Analysis of soil nutrients at the age of eight weeks after planting

No	Ciri kimia tanah	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	pH 1:1	6,52	6,43	6,65	6,58	6,53	6,42
2	C/N	8,72	8,42	7,24	7,61	8,82	8,88
3	C-Organik (%)	5,51	5,47	5,59	5,49	5,52	5,46
4	N-Total (%)	0,22	0,24	0,32	0,28	0,23	0,21
5	P (ppm)	15,00	18,00	22,00	19,00	16,00	16,00
6	KTK (me 100 g ⁻¹ tanah)	15,15	17,21	21,63	19,45	18,20	16,90

kandungan unsur nitrogen dalam tanah (Kusuma *et al.* 2019). Brotman *et al.* (2012) melaporkan bahwa inokulasi *Trichoderma asperelloides* T₂O₃ meningkatkan kandungan asam amino pada tanaman. Semakin meningkat kandungan asam amino pada tanaman yang diinokulasi T₂O₃ menjadi salah satu penentu peningkatan penggunaan efisiensi nitrogen, karena asam amino adalah bentuk utama nitrogen yang diangkut. Samolski *et al.* (2012) melaporkan bahwa *Trichoderma* spp. meningkatkan ketersediaan N dan penyerapan nutrisi lebih baik melalui modulasi arsitektur akar atau melalui eksudasi zat peningkat ketersediaan nutrisi seperti asam organik.

Nilai P-tersedia tanah awal 14,0 ppm tergolong rendah, setelah aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* adanya peningkatan nilai P-tersedia berkisar 15,0-22,0 ppm tergolong sedang. Kandungan P-tersedia tertinggi diperoleh pada perlakuan T3. Hal ini menunjukkan adanya sumber P yaitu mineralisasi dari *Trichoderma* spp. *indigenus* yang lebih kompatibel dari senyawa sebagian besar tidak tersedia menjadi tersedia. Peningkatan P-tersedia tanah karena aktivitas *Trichoderma* spp. meningkat dalam tanah, sehingga terjadi proses dekomposisi dan mineralisasi senyawa organik lebih banyak dan mampu mengikat logam-logam seperti Fe, Al dan Mn, juga mampu melepaskan sejumlah ion P sehingga menambah ketersediaannya di dalam tanah. Peningkatan ketersediaan P dengan inokulasi *Trichoderma* spp. disebabkan *Trichoderma* spp. mengatur siklus unsur hara dengan cara mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik tanah melepaskan dan retensi unsur hara. Kandungan P-tersedia tanah meningkat di dasar rhizosfer karena penerapan pupuk hayati yang dipercaya *Trichoderma* spp. (Cai *et al.* 2015).

KTK tanah awal 12,65 tergolong rendah, setelah aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* terjadi kenaikan nilai KTK berkisar 15,15-21,63 tergolong sedang. KTK rendah menggambarkan bahwa tanah sawah sering mengalami pencucian. Adanya kenaikan nilai KTK setelah aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* menunjukkan jamur ini mampu meningkatkan ketersediaan hara tanah sehingga tanah menjadi subur terutama pada perlakuan T3 asal rhizosfer padi varietas Junjuang. Tampaknya *Trichoderma* spp. *indigenus* T3 asal rhizosfer varietas padi Junjuang lebih kompatibel dengan tanaman inangnya karena dikembalikan ke habitat alamiahnya, sehingga daya adaptasi dengan lingkungan lebih cepat untuk tumbuh dan berkembang.

Hasil penelitian Sani *et al.* (2020) sifat tanah seperti bahan organik, N-total, P-tersedia, dan K-tersedia secara signifikan dipengaruhi oleh *Trichoderma* spp. Bahan

organik maksimum, N-total, P-tersedia, dan K-tersedia dicapai dengan aplikasi gabungan *Trichoderma* spp, biochar dan setengah dosis N-P-K.

Hasil pada Pertumbuhan Vegetatif

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa aplikasi jenis isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* terhadap pertumbuhan vegetatif yaitu tinggi tanaman dan jumlah anakan menunjukkan hasil berbeda nyata dengan kontrol (tanpa *Trichoderma* spp. *indigenus*) seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan umur 70 hari setelah tanam

Table 3. Effect of indigenous *Trichoderma* spp. application on plant height and number of tillers at 70 days after planting

Perlakuan	Tinggi tanaman cm	Jumlah anakan anakan
T0	127 b	19 c
T1	134 a	25 b
T2	137 a	33 a
T3	139 a	32 ab
T4	138 a	31 b
T5	137 a	27 b
T6	136 a	27 b
CV	0,3	0,8

Angka yang diikuti huruf yang kecil berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5 %

Pada Tabel 3 pengamatan tinggi tanaman menunjukkan bahwa jenis isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* memberikan pengaruh yang sama terhadap tinggi tanaman. Jamur *Trichoderma* spp. *indigenus* mampu menghasilkan substansi zat pemacu tumbuh yang dapat memacu pertumbuhan tanaman yang memiliki kapasitas untuk meningkatkan fotosintesis dan produksi biomassa (Martínez *et al.* 2014).

Rata-rata jumlah anakan per rumpun untuk aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* berkisar antara 26-33 anakan, sedangkan pada kontrol (tanpa *Trichoderma* spp. *indigenus*) hanya 19 anakan. Antara aplikasi isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* terdapat perbedaan yang nyata. Jumlah anakan tertinggi terdapat pada perlakuan T2 isolat dari rhizosfer varietas Pandan Wangi yang berbeda tidak nyata dengan T3 dari rhizosfer varietas Junjuang, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, seperti

disajikan pada Tabel 3. Perlakuan T2 dan T3 mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam menyediakan unsur hara dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Pertumbuhan tanaman yang cepat menyebabkan sejumlah besar sekresi melalui eksudat akar yang pada gilirannya meningkatkan ketersediaan nutrisi untuk konsumsi *Trichoderma* spp. (Carvalho *et al.* 2015).

Kondisi aerob pada fase vegetatif padi metode SRI jamur *Trichoderma* spp. *indigenus* tumbuh dan berkembang lebih cepat sehingga dapat merombak bahan organik tanah menjadi unsur yang tersedia bagi tanaman. *Trichoderma* spp. dapat mendekomposisi bahan organik yang ada disekitar perakaran tanaman, sehingga dapat menambah ketersediaan hara yang dapat diserap tanaman. Dalam proses mineralisasi, nutrisi tanaman lengkap akan dilepaskan (N, P, K, Ca, Mg, dan S, dan mikronutrien) dalam jumlah tidak pasti dan relatif kecil. Unsur hara N, P, dan S merupakan unsur hara yang sifatnya relatif lebih banyak untuk dilepaskan dan dapat digunakan oleh tanaman (Wahyuni *et al.* 2019). Bahan organik berperan sebagai penambah unsur hara N, P, dan K bagi tanaman dari hasil mineralisasi *Trichoderma* spp (Kusuma *et al.* 2019). Kondisi aerob pada metode SRI menyebabkan pemulihan kekuatan biologis tanah dan pemupukan akar tanaman yang selanjutnya akan menghasilkan anakan yang lebih subur (Hidayati *et al.* 2016).

Jamur *Trichoderma* spp. dapat berperan sebagai mikroba tanah yang mempunyai peranan kunci dalam kesuburan tanah (Wahyuni. 2018). Jamur *Trichoderma* spp. untuk tumbuh dan memperbanyak diri dalam tanah membutuhkan energi dengan melakukan dekomposisi bahan organik tanah menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah (N, P, K, Ca, Mg, dan lain-lain) dan atmosfer (CH₄ atau CO₂) sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman, sehingga siklus hara berjalan sebagai-mana mestinya. Bersama dengan ini jamur *Trichoderma* spp. berperan sebagai dekomposer bahan organik, sehingga berpotensi sebagai pupuk hayati. Semakin banyak populasi jamur *Trichoderma* spp. dalam tanah akan dapat membantu metabolisme dalam tanah sehingga tanah lebih mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

Hal ini sejalan dengan pendapat Siddiquee *et al.* (2017) yang menganalisis kandungan hara unsur makro dalam kompos tandan kosong kelapa sawit yang diinokulasi dengan *Trichoderma* spp. memiliki komposisi kandungan hara N, P, dan K lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Persentase kandungan hara N, P, dan K meningkat

pada kompos sampah tebu, jerami, padi, dan gandum yang diinokulasi *Trichoderma* spp.

Jamur *Trichoderma* spp. dapat sebagai *plant growth-promoting fungi* (PGPF) pemacu pertumbuhan tanaman meningkatkan kesehatan tanaman secara keseluruhan, menciptakan lingkungan yang menguntungkan dan produksi metabolit sekunder dalam jumlah besar (Zin *et al.* 2020). Menurut Garnica-Vergara *et al.* (2016) jamur *Trichoderma* spp. menghasilkan metabolit sekunder seperti auksin, etilen, dan senyawa organik yang mudah menguap. Jamur *Trichoderma* spp. juga menghasilkan fitohormon seperti pada *T. virens* menghasilkan senyawa terkait auksin *indole-3-acetic acid*, *indole-3-acetaldehyde*, *indole-3-ethanol* dan senyawa *proteinaceous* (Contreras-Cornejo *et al.* 2009; Garnica-Vergara *et al.* 2016), pada *T. virens* dan *T. atroviride* memproduksi *amino-n-butyric acid* (ABA) (Contreras-Cornejo *et al.* 2015a, 2015b). Jamur *Trichoderma* spp. dapat berperan sebagai pupuk hayati yang merupakan sistem pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sehingga kesehatan tanaman terjaga. Dampak utama dari PGPF pada pertumbuhan tanaman, kualitas hasil akhir dan produktivitas tanaman meningkat dengan baik.

Sintesis jamur *Trichoderma* spp. menghasilkan asam harzianat mengatur pertumbuhan tanaman karena aktivitas pengikatan Fe (III) nya, meningkatkan perkecambahan benih tomat dan meningkatkan pertumbuhan bibit (Vinale *et al.* 2013). Selanjutnya Cai *et al.* (2013) asam harzianat berperan dalam perkembangan akar dan meningkatkan luas akar bagi pertumbuhan tanaman.

Hasil pada Pertumbuhan Generatif

Komponen hasil padi yang diukur dari pengaruh pemberian isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* memberikan hasil berbeda nyata terhadap terhadap jumlah anakan produktif, jumlah gabah total per malai, dan penurunan jumlah gabah hampa per malai (Tabel 4).

Peningkatan jumlah anakan produktif tertinggi diperoleh pada perlakuan T2 berbeda tidak nyata dibandingkan T3 masing-masing sebesar 26 dan 25 anakan. Lebih besarnya anakan produktif ini berkorelasi dengan lebih banyaknya anakan yang terbentuk pada aplikasi jenis *Trichoderma* spp. *indigenus* T2 (*Trichoderma* spp. isolat varietas Pandan Wangi) dan T3 (*Trichoderma* spp. isolat varietas Junjuang). Jumlah anakan menjadi anakan produktif tertinggi pada T2 dalam satu rumpun mencapai mencapai 78.8%, sedangkan untuk kontrol hanya 73.6%.

Tabel 4. Pengaruh aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* terhadap jumlah anakan produktif, jumlah gabah total per malai, dan jumlah gabah hampa.

Table 4. Effect of indigenous *Trichoderma* spp. application on the number of productive tillers, the total number of grains per panicle, and the number of empty grains

Perlakuan	Jumlah anakan produktif	Jumlah gabah total per malai	Jumlah gabah relatif per malai	Jumlah gabah hampa	Persentase gabah hampa
		butir	%	butir	%
T0	14 c	97 c	100	31 a	32
T1	20 b	185 ab	190	25 b	13
T2	26 a	201 a	207	14 c	6
T3	25 a	204 a	210	11 c	5
T4	24 b	198 a	204	21 b	11
T5	23 b	196 a	202	21 b	11
T6	20 b	147 b	152	23 b	16
CV	1,8	2,8		4,3	

Angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5 %

Jumlah gabah total mengindikasikan jumlah gabah yang terisi penuh. Jumlah gabah total tertinggi terdapat pada perlakuan T3 dan berbeda tidak nyata dengan T2 dan T4. Persentase gabah total diindikasikan besaran peningkatan jumlah gabah total dengan aplikasi isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* dibandingkan dengan kontrol (tanpa isolat *Trichoderma* spp. *indigenus*). Persentase gabah total tertinggi terdapat pada perlakuan T3 (210%). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* pada T3 lebih sesuai dengan tanaman inangnya sehingga meningkatkan jumlah gabah total. Kondisi ini ada hubungannya dengan C-organik tanah yang tergolong tinggi (Tabel 2) sehingga *Trichoderma* spp. *indigenus* melakukan mineralisasi nutrisi organik tanah menjadi bentuk tersedia.

Aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* berpengaruh nyata terhadap jumlah gabah hampa. Jumlah gabah hampa terendah pada perlakuan T3 hanya 5%. Sedikitnya gabah hampa pada perlakuan T3 menunjukkan bahwa fotosintat berjalan lancar untuk pengisian gabah sehingga banyak gabah terisi penuh dan gabah hampa jadi berkurang.

Aplikasi *Trichoderma* spp. secara nyata mempengaruhi berat gabah kering panen per rumpun dan berat 1.000 butir. Berat gabah kering dan berat 1.000 butir tertinggi terdapat pada T3 berbeda nyata dengan perlakuan lain, seperti disajikan pada Tabel 5.

Tampaknya jenis isolat T3 yang berasal dari rhizosfer tanaman padi varietas Junjuang lebih adaptif. Keserasian *Trichoderma* spp. *indigenus* dengan tanaman inangnya

meningkatkan ketersediaan hara yang tinggi dalam tanah dapat dimanfaatkan oleh akar padi. Jamur *Trichoderma* spp. adalah agen pengurai alami yang baik dapat meningkatkan ketersediaan hara di zona perakaran (Amira *et al.* 2011). Menurut Hock *et al.* (2014) aplikasi kompos yang diinokulasi jamur *Trichoderma* spp. pada tanaman cabai dapat meningkatkan hasil buah cabai (69,30%), pada perlakuan pupuk kimia mencapai 61,22% sedangkan kontrol (tanpa perlakuan) memperoleh hasil (50,50%). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kompos yang diinokulasi jamur *Trichoderma* spp. dapat merupakan pengganti pupuk kimia yang cocok dan efektif untuk pertumbuhan dan hasil cabai. Menurut Siddiquee *et al.* (2017) sejumlah besar penelitian menunjukkan produksi kompos yang diinokulasi dengan jamur *Trichoderma* spp. berhasil meningkatkan nutrisi tanah yang berdampak pada peningkatan hasil tanaman.

Aplikasi isolat *Trichoderma* spp. secara nyata meningkatkan panjang akar dan berat kering akar. Panjang akar terpanjang terdapat pada T2 berbeda tidak nyata dengan T3 dan terendah pada T0. Berat kering akar tertinggi pada T3 dan terendah pada T0 seperti disajikan pada Tabel 6.

Hasil ini menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* berada di zona perakaran memiliki efek positif pada sifat tanah (Tabel 2) sehingga unsur hara tersedia. Menurut (Yuan H *et al.* 2016) pada daerah rhizosfer adalah zona khusus tanah yang terkonsentrasi dengan unsur hara, karena jumlahnya yang banyak akar melepas eksudat akar berupa asam-asam organik. Akibatnya,

komunitas mikroba massa yang tertahan oleh rhizosfer dapat memberikan manfaat terhadap pertumbuhan tanaman untuk perkembangan tanaman dan asimilasi nutrisi. Cai *et al.* (2013) interaksi tanaman dengan *Trichoderma* spp. berhasil mengatur arsitektur akar, menambah panjang akar lateral dan akar primer yang menghasilkan efektifitas serapan hara oleh tanaman

Tabel 5. Pengaruh aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* terhadap berat gabah kering panen per rumpun dan berat 1.000 butir

Table 5. Effects of indigenous *Trichoderma* spp. application on weight of harvested dry grains per hill and weight of 1,000 grains

Perlakuan	Berat gabah kering panen	Berat 1000 butir
	g pot ⁻¹	g
T0	58,4 e	17,9 c
T1	73,3 d	18,2 c
T2	92,8 b	18,3 c
T3	98,2 a	20,7 a
T4	89,9 b	18,9 b
T5	79,6 c	18,1 c
T6	77,6 cd	18,1 c
CV	1,2	0,8

Angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5 %

Tabel 6. Pengaruh aplikasi *Trichoderma* spp. *indigenus* terhadap panjang akar dan berat kering akar

Table 6. Effects of indigenous *Trichoderma* spp. application on root length and root dry weight

Perlakuan	Panjang akar	Berat kering akar
	cm	g
T0	16 d	26,3 f
T1	24 c	30,9 e
T2	31 a	55,4 b
T3	30 a	64,3 a
T4	27 b	54,7 b
T5	27 b	43,9 c
T6	27 b	34,8 d
CV	0,9	1,0

Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan pada uji DMRT dengan taraf kesalahan 5 %

Kesimpulan

Isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* dari rhizosfer varietas Junjuang (T3) memberikan pengaruh terbesar terhadap peningkatan hasil padi varietas Junjuang dengan metode SRI. Terdapat kesesuaian isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* dari rhizosfer varietas Junjuang pada tanaman inangnya sehingga penggunaan isolat *Trichoderma* spp. *indigenus* tersebut meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi varietas ini.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh melalui DIPA telah mendanai penelitian ini dan P3M Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh telah memfasilitasi kegiatan ini.

Daftar Pustaka

- Amira RD, Roshanida AR, Rosli MI, Zahrah MSF, Anuar JM, Adha CN. 2011. Bioconversion of empty fruit bunches (EFB) and palmoilmill effluent (POME) into compost using *Trichoderma virens*. Afr. J. Biotechnol. 10:18775-18780.
- Brotman Y, Lisec J, M´eret M Ilan Chet, Lothar Willmitzer, Ada Viterbo. 2012. Transcript and metabolite analysis of the *Trichoderma*-induced systemic resistance response to *Pseudomonas syringae* in *Arabidopsis thaliana*. Microbiology. Journal: Microbiology. 158:139-146.
- Cai F, Yu G, Wang P, Wei Z, Fu L, Shen Q, Chen W. 2013. Harzianolide, a novel plant growth regulator and systemic resistance elicitor from *Trichoderma harzianum* Plant Physiol. Bioch. 73:106-113.
- Cai F, Chen W, Wei Z, Pang G, Li R, Ran W, Shen Q. 2015. Colonization of *Trichoderma harzianum* strain SQR-T037 on tomato roots and its relationship to plant growth, nutrient availability and soil microflora. Plant Soil. 388:337-350.
- Carvalhais LC, Dennis PG, Badri DV, Kidd BN, Vivanco JM, Schenk PM. 2015. Linking jasmonic acid signaling, root exudates, and rhizosphere microbiomes. Mol. Plant-Microbe Interact. 28:1049-1058.
- Contreras-Cornejo HA, Mací'as-Rodríguez L, Cortés Penagos C, López-Bucio J. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. Plant Physiol. 149:1579-1592.

- Contreras-Cornejo HA, López-Bucio JS, Méndez-Bravo A, Macías-Rodríguez L, Ramos-Vega M, Guevara-García AA, López-Bucio J. 2015a. Mitogen-activated protein kinase 6 and ethylene and auxin signaling pathways are involved in Arabidopsis rootsystem architecture alterations by *Trichoderma atroviride*. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 28:701-710.
- Contreras-Cornejo HA, Macías-Rodríguez L, Vergara AG, López-Bucio J. 2015b. *Trichoderma* modulates stomatal aperture and leaf transpiration through an abscisic acid-dependent mechanism in Arabidopsis. *J. Plant Growth Regul.* 34: 425–432.
- Cozzolino V, Di Meo V, Monda H, Spaccini R, Piccolo A. 2016. The molecular characteristics of compost affect plant growth, *arbuscular mycorrhizal fungi*, and soil microbial community composition. *Biology and Fertility of Soils.* 52:5-29.
- Elita N, Susila E, Yefriwati. 2018. The potential types of indigenous arbuscular *mycorrhizal fungi* as sources of inoculum and their effect on rice production using the system of rice intensification method. *Pakistan Journal of Nutrition.* 17(12):696-701.
- Erlinda R, Elita N, Susiawan E. 2019. Pemanfaatan pupuk bioorganik plus untuk meningkatkan produksi padi metode SRI. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology.* 3(1):57-66.
- Erlinda R, Elita N, Agustamar. 2020. The effect of indigenous *Azotobacter* isolate on rice results of SRI and land quality methods. *International Journal of Advanced Research.* 8(01):185-193.
- Elita N, Erlinda R, Agustamar. 2020. The effect of bioorganic dosage with N, P fertilizer on rice production of SRI methods and increased nutrient content of paddy soil intensification. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology.* 4(2): 155-169.
- Gathome-Hardy A, Reddy DN, Venkatanarayana M, White BH. 2016. System of rice intensification provides environmental and economic gains but at the expense of social sustainability - A multidisciplinary analysis in India. *Agriculture System.* 143:159-168.
- Garnica-Vergara A, Barrera-Ortiz S, Muñoz-Parra E, Raya-González J, Méndez-Bravo A, Macías-Rodríguez L, López-Bucio J. 2016. The volatile 6-pentyl-2H-pyran-2- one from *Trichoderma atroviride* regulates Arabidopsis thaliana root morphogenesis via auxin signaling and ethylene insensitive 2 functioning. *New Phytol.* 209:1496-1512.
- Hidayati N, Triadiati, Anas I. 2016. Photosynthesis and transpiration rates of rice cultivated under the system of rice intensification and the effects on growth and yield. *Hayati Journal of Biosciences.* 23:67-72.
- Hock O, Subramaniam G, Abdullah FB. 2014. Effect of *Trichoderma*-infused compost on yield of chili plants. Presented at International Conference on Advances in Environment, Agriculture & Medical Sciences (Icaeam'14) 16-17.
- Kusuma ME, Kastalani, Kristina. 2019. Efektifitas pemberian kompos *Trichoderma* terhadap pertumbuhan dan produksi rumput *Brachiaria Humidicola* di lahan gambut. *Ziraa'ah.* 44(1): 20-27.
- Martínez MA, Alguacil M, Pascual JA, Van Wees SCM. 2014. Phytohormone profiles induced by *Trichoderma* isolates correspond with their biocontrol and plant growth-promoting activity on Melon plants. *Journal of Chemical Ecology.* 40:804-815.
- Made I, Setyadi D, Artha IN, Wirya GNAS. 2017. Efektifitas pemberian kompos *Trichoderma sp.* terhadap pertumbuhan tanaman cabai (*Capsicum Annum L.*). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika.* 6(1):21-30.
- PPT. Pusat Penelitian Tanah. 1995. Petunjuk teknis evaluasi kesuburan tanah. Laporan Teknis. Versi 1,0.1. REP II Project, CSAR, Bogor.
- Syahputra MH, Anhar A, Irdawati. 2017. Isolasi *Trichoderma* spp. dari beberapa rizosfer tanaman padi asal Solok (Isolation *Trichoderma* spp. from some rizosphere rice plants Solok). *Journal Biosains.* 1(2):97-105.
- Siddiquee S, Shafawati SN, Naher L. 2017. Effective composting of empty fruit bunches using potential *Trichoderma* strains. *Biotechnol. Rep.* 13:1-7.
- Samolski I, Rincon AM, Pinzon LM, Viterbo A, Monte E. 2012. The qid74 gene from *Trichoderma harzianum* has a role in root architecture and plant biofertilization. *Microbiol.* 158:129-138.
- Sani MNH, Hasan M, Uddain Jasim, Subramaniam S. 2020. Impact of application of *Trichoderma* and biochar on growth, productivity and nutritional quality of tomato under reduced N-P-K fertilization. *Annals of Agricultural Sciences.* 65:107-115
- Thakur AK, Uphoff NT, Stoop WA. 2016. Chapter four - scientific underpinnings of the system of rice intensification (SRI): What is known so far? *Advances in Agronomy.* 135:147-179.
- Uphoff N, Fasoula V, Iswandi A, Kassam A, Thakur AK. 2015. Improving the phenotypic expression of rice genotypes: Rethinking “intensification” for production systems and selection practices for rice breeding. *The Crop Journal.* 3:174-189.
- Wahyuni SH. 2018. Potensi *Trichoderma viride* dalam menekan serangan *Sclerotium Rolfsii* pada tanaman kedelai (*Glycine Max L.*). *Jurnal Agrotek Lestari.* 5(1):51-57.

- Wahyuni SH, Nasution DPY. 2019. Utilization of *Trichoderma viride* as organic fertilizer to induce the resistance of banana seeds on *Fusarium oxysporum f.sp cubense* (FOC). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 260:1-6.
- Vinale F, Nigro M, Sivasithamparam K, Flematti G, Ghisalberti E, Ruocco M, Varlese R, Marra R, Lanzuise S, Eid A, Woo SL, Lorito M. 2013. Harzianic acid: a novel siderophore from *Trichoderma harzianum*. FEMS Microbiol. Letters. 347:123-129.
- Yudha MK, Soesanto L, Mugiastuti E. 2016. Pemanfaatan empat isolat *Trichoderma sp.* untuk mengendalikan penyakit akar gada pada tanaman caisin. Jurnal Kultivasi. 15(3):143-149.
- Yuan H, Zhu Z, Liu S, Ge T, Jing H, Li B, Liu Q, Lynn TM, Wu J, Kuzyakov Y. 2016. Microbial utilization of rice root exudates: ¹³ C labeling and PLFA composition. Biol. Fert. Soils. 52:615-627.
- Zen S, Aziz SA, Yufdy P. 2011. Varietas unggul lokal padi sawah dengan rasa pera spesifik Sumatera Barat. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat.
- Zin NA, Badaluddin NA. 2020. Biological functions of *Trichoderma spp.* for agriculture applications. Annals of Agricultural Sciences. 65:168-178.