

Conference Paper

## Prospek Pemanfaatan Mikroorganisme *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. dalam Mendukung Pertanian Berkelanjutan di Era Pertanian Modern

*Prospect of Utilization of Microorganisms Streptomyces sp. and Trichoderma sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture*

Arga Dwi Indrawan\*, Penta Suryaminarsih, Tri Mujoko

Master of Agrotechnology Study Program, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya 60294, Indonesia

\*Corresponding author:

E-mail:

[argadwiindrawan2@gmail.com](mailto:argadwiindrawan2@gmail.com)

### ABSTRAK

Kondisi geografis pertanian Indonesia di wilayah tropis turut mendukung usaha pertanian sepanjang tahun melalui intensifikasi pertanian. Intensifikasi pertanian membawa keuntungan bagi produktivitas pertanian, namun juga turut menyebabkan ketergantungan petani terhadap pestisida dan pupuk anorganik secara berlebihan sehingga menyebabkan degradasi produktivitas lahan pertanian secara jangka panjang. *Sustainable Agriculture* atau pertanian berkelanjutan merupakan pendekatan dalam menjaga meningkatkan produktivitas pertanian namun tetap ramah terhadap lingkungan ekosistem pertanian. Pertanian berkelanjutan dapat diraih melalui pelestarian sumberdaya pertanian salah satunya melalui penggunaan mikroorganisme bermanfaat. *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. merupakan mikroorganisme multi peran sebagai pendukung pertumbuhan tanaman, agensia hayati dalam pengendalian OPT, serta membantu meningkatkan kesuburan tanah. Penggunaan mikroorganisme tersebut memiliki prospek tinggi bagi pertanian modern yang berkelanjutan dalam rangka mewujudkan keamanan pangan namun juga memiliki hambatan yang perlu diatasi melalui penelitian lanjutan.

Kata Kunci: *Streptomyces* sp., *Trichoderma* sp., pertanian berkelanjutan, pertanian modern

### ABSTRACT

*The geographical condition of Indonesia's agriculture in the tropics supports agricultural business throughout the year through agricultural intensification. Agricultural intensification brings benefits to agricultural productivity, but also causes farmers to be dependent on pesticides and inorganic fertilizers in excess, causing long-term degradation of agricultural land productivity. Sustainable Agriculture is an approach to increase agricultural productivity while still being friendly to the agricultural ecosystem. Sustainable agriculture can be achieved through the preservation of agricultural resources, one of which is the use of beneficial microorganisms. Streptomyces sp. and Trichoderma sp. is a multi-role microorganism as a supporter of plant growth, biological agent in pest control, and helps increase soil fertility. The use of these microorganisms has good prospects for sustainable modern agriculture in order to achieve food security but also has obstacles that need to be overcome through further research.*

Keywords: *Streptomyces* sp., *Trichoderma* sp., sustainable agriculture, modern agriculture

#### How to cite:

Indrawan, A. D., Suryaminarsih, P., & Mujoko, T. (2021). Prospect of utilization of microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in supporting sustainable agriculture in the age of modern agriculture. *Sains dan Teknologi Pertanian Modern*. NST Proceedings. pages 32-38. doi: 10.11594/nstp.2021.1506

## Pendahuluan

Kondisi pertanian di Indonesia dipengaruhi berbagai macam aspek salah satunya adalah pengaruh geografis. Pengaruh geografis pertanian di Indonesia berkaitan dengan iklim, unsur cuaca, serta kondisi kesuburan lahan yang berbeda di setiap wilayah. Posisi geografis pertanian Indonesia di wilayah tropis turut mendukung usaha pertanian sepanjang tahun. Keunggulan tersebut menjadi dasar pelaksanaan intensifikasi pertanian. Intensifikasi pertanian pada mulanya membawa keuntungan bagi produktivitas pertanian, namun juga turut menyebabkan ketergantungan petani terhadap pestisida dan pupuk anorganik secara berlebihan. Hal tersebut berpotensi menurunkan tingkat kesuburan tanah hingga insurjensi OPT akibat degradasi ekosistem pertanian serta menurunkan produktivitas hasil pertanian di masa yang akan datang (Hidayati dkk., 2018). Penurunan produktivitas hasil pertanian dapat membawa permasalahan bagi keamanan pangan, sehingga diperlukan konsep yang tepat untuk menjaga dan meningkatkan produktivitas pertanian yang tetap ramah terhadap lingkungan ekosistem pertanian. Salah satu konsep yang searah dengan tujuan tersebut adalah *Sustainable Agriculture* atau Pertanian Berkelanjutan.

Pertanian berkelanjutan merupakan program yang saat ini menjadi acuan dalam mempertahankan produktivitas pertanian di masa kini dan masa yang akan datang. Menurut Departemen Pertanian Amerika Serikat (Gold, 1999), istilah pertanian berkelanjutan atau jamak disebut *Sustainable Agriculture* merupakan sistem usaha tani terpadu dengan perlakuan-perlakuan khusus untuk menunjang produksi pertanian secara jangka panjang. Pertanian berkelanjutan dapat diraih salah satunya melalui pelestarian mutu sumberdaya pertanian. Pelestarian sumberdaya pertanian meliputi aspek budidaya, kesuburan lahan, pengelolaan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), yang memperhatikan kesehatan lingkungan dan ekologi.

Upaya pelestarian sumberdaya pertanian dalam rangka mewujudkan pertanian berkelanjutan dapat dilakukan melalui pemanfaatan mikroorganisme bermanfaat yang dapat diisolasi dari lahan pertanian. Menurut Juby *et al.* (2021), mikroorganisme bermanfaat dapat ditemui dalam berbagai macam peran baik sebagai pendukung pertumbuhan tanaman, sebagai agensia hayati dalam pengendalian OPT, agens bioremediator dan penginduksi ketahanan serta toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan. Sehingga pemanfaatan mikroorganisme dapat menjadi salah satu langkah modernisasi pertanian di Indonesia. Modernisasi pertanian di Indonesia diharapkan dapat menjawab tantangan dan permasalahan pertanian di era sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan kajian literatur terhadap potensi mikroorganisme bermanfaat serta keunggulan dan hambatan dalam pelaksanaannya untuk menyelesaikan permasalahan pertanian tersebut

## Bahan dan Metode

Metode yang digunakan berupa kajian/studi terhadap literatur beserta uraian analisis. Uraian kajian dalam artikel ini tentang: hasil-hasil penelitian terhadap pemanfaatan *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. dalam menyelesaikan permasalahan dalam aspek budidaya, sumberdaya lahan, dan proteksi tanaman serta prospek pemanfaatan mikroorganisme tersebut.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari kajian terhadap literatur artikel ilmiah menghasilkan beberapa pokok bahasan antara lain pemanfaatan *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. pada aspek budidaya, sumberdaya lahan, dan proteksi tanaman serta prospek pemanfaatannya untuk mendukung pertanian yang berkelanjutan.

*Streptomyces* sp. merupakan bakteri gram positif dari kelas Actinobacteria/Actinomycetes yang memiliki bentuk menyerupai mikroorganisme dari golongan fungi. Sebagian besar jenis *Streptomyces* yang ditemukan merupakan organisme saprofit karena mendapatkan nutrisi dengan cara menguraikan bahan organik. Selain sebagai organisme saprofit, streptomyces dapat bersimbiosis dengan tanaman baik yang bersifat menguntungkan maupun merugikan.

*Streptomyces* dapat tumbuh di berbagai lingkungan dan dapat bertahan pada kondisi yang tidak optimal atau pada kondisi yang ekstrim melalui perkembangbiakan seksual maupun

aseksual serta memproduksi senyawa metabolit yang berguna untuk mengatasi cekaman yang bersifat eksternal. Metabolit yang umumnya dihasilkan dalam rangka adaptasi terhadap lingkungan yaitu *geosmin* dengan aroma menyerupai tanah yang menjadi ciri khas dalam identifikasinya. *Streptomyces* memiliki kemampuan memproduksi senyawa antibiotik dalam bentuk metabolit sekunder yang bersifat antifungal, antibakteri maupun antiviral untuk dapat bertahan hidup dari organisme antagonisnya (Yoon & Nodwell, 2014; Vurukonda *et al.*, 2018; Suryaminarsih, 2020a).

*Trichoderma* diklasifikasikan dalam kingdom fungi dan 100 spesies diantaranya tersebar di penjuru dunia. *Trichoderma* sp. dapat ditemui sebagai endofit pada perakaran tanaman maupun sebagai mikoparasit terhadap serangga dan nematoda. Jamur tersebut dapat hidup dengan cara mengkolonisasi perakaran tanaman (rhizosfer) untuk mendapatkan nutrisi berupa eksudat akar dari proses simbiosis dengan tanaman. Kelebihan lain dari *Trichoderma* ialah kemampuannya dalam menoleransi berbagai kontaminasi dan cekaman lingkungan lainnya sehingga memiliki potensi yang baik untuk diproduksi dan digunakan pada berbagai kondisi lingkungan pertanian yang intensif. (Poveda, 2021; Suryaminarsih, 2020a).

### **Pemanfaatan *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. pada aspek budidaya tanaman**

Bakteri *Streptomyces* sp. selain menjadi Agenia Hayati juga berperan sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Aplikasi suspensi *Streptomyces* dapat dilakukan dengan cara penyiraman pada tanah disekitar pangkal batang tanaman. Penyiraman tersebut bertujuan untuk menginokulasikan *Streptomyces* pada ruang perakaran tanaman sehingga dapat terjadi simbiosis. Simbiosis antara *Streptomyces* dengan tanaman memberi timbal balik penting bagi tanaman tersebut. *Streptomyces* sebagai endofit bagi tanaman melakukan biosintesis untuk proses pelarutan fosfat anorganik bagi tanaman, pembentukan senyawa pengkhelat unsur hara, pembentukan fitohormon, serta menjaga tanaman dari cekaman abiotik. *Streptomyces* dalam produksi senyawa bermanfaat seperti *Indole-3-acetic acid* (IAA) untuk memacu pertumbuhan akar tanaman dan senyawa siderofor untuk memacu penyerapan nutrisi di dalam tanah. (Suryaminarsih dkk., 2019). Selain menjadi pemacu pertumbuhan, *Streptomyces* khususnya spesies *S. viridochromogenes* menjadi bahan herbisida hayati. Spesies tersebut menghasilkan antibiotik bernama phosphinothricin tripeptide (PTT) yang dapat menghambat pertumbuhan gulma (Schwartz *et al.*, 2004).

Peran pemacu pertumbuhan dan produksi tanaman juga dimiliki mikroorganisme *Trichoderma* sp. *Trichoderma* berperan sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) melalui beberapa mekanisme biosintesis. *Trichoderma harzianum* dapat menghasilkan metabolit sekunder Harzianolide yang berperan seperti auksin dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman yang telah diuji pada tanaman tomat dan kanola (Vinale *et al.*, 2008). Selain aplikasi metabolit sekunder pada bagian tanaman, aplikasi mikroorganisme *Trichoderma* secara langsung pada tanah disekitar tanaman juga dapat dilakukan dan tetap berdampak positif bagi tanaman (Yogaswara dkk, 2020). Aplikasi mikroorganisme secara langsung memiliki keuntungan secara jangka panjang karena *Trichoderma* akan bersimbiosis dengan tanaman sehingga berpotensi menghasilkan metabolit sekunder secara kontinyu. Penambahan *Trichoderma* juga dapat dilakukan bersamaan pupuk kompos sebagai *biofertilizer* yang aman bagi lingkungan karena tidak menimbulkan emisi gas rumah kaca (Sahu *et al.*, 2018).

*Streptomyces* dan *Trichoderma* dapat dipadukan aplikasinya karena memiliki kompatibilitas yang baik. Hal tersebut diperkuat oleh Fitriana (2019a) bahwa suspensi *Streptomyces* dan *Trichoderma* dalam media cair EKG mengandung kedua mikroorganisme tersebut saat diisolasi kembali. Kompatibilitas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai upaya efisiensi dalam pembuatan *biofertilizer* karena perbanyakannya dapat dilakukan dalam satu media pertumbuhan.

### **Pemanfaatan *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. pada aspek sumberdaya lahan**

*Streptomyces* berperan sebagai pengurai bahan organik. Hal tersebut didukung dengan kemampuan menghasilkan enzim lignoselulose dan kitinase untuk mendegradasi bahan organik di

ekosistem. Pada genus tertentu seperti *S. coelicolor* dapat menghasilkan 60 enzim protease, 13 enzim kitinase/kitosanase, 8 selulase/endoglucanase, 3 enzim amilase, dan 2 pectate-liase.

*Streptomyces* dan *Trichoderma* dapat berperan sebagai bioamelioran tanah. Kombinasi *Streptomyces* dan *Trichoderma* serta beberapa mikroorganisme bermanfaat lainnya pada media kompos jerami padi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk serta dapat memperbaiki kondisi tanah yang buruk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil panen padi sebesar 22-42% melalui perlakuan bioamelioran tersebut. Hal tersebut menjadi petunjuk bahwa ada kompatibilitas antara *Streptomyces* dengan *Trichoderma* dalam memperbaiki dan meningkatkan kondisi lahan sehingga produksi pangan berkelanjutan akan tercapai (Simarmata *et al.*, 2016).

*Streptomyces* sp. selain berperan dalam biodegradasi bahan organik, pada beberapa hasil penelitian diketahui juga berperan dalam proses bioremediasi. *Streptomyces* sp. M7 dapat mendegradasi residu pestisida organoklorin yaitu lindane. Lindane merupakan bahan aktif dalam insektisida yang umumnya digunakan untuk mengendalikan hama tanaman jagung. Hasil penelitian menyebutkan bahwa dengan adanya biodegradasi oleh mikroorganisme tersebut, pengaruh buruk lindane pada pertumbuhan tanaman jagung akan berkurang. Selain *Streptomyces* M7, spesies *S. rochei* strain AJAG7 juga dapat mendegradasi residu pestisida berbahan aktif fipronil (Benimeli *et al.*, 2008; Sahu *et al.*, 2018).

Berdasarkan kemampuan tersebut, kombinasi *Streptomyces* dan *Trichoderma* dapat berpartisipasi dalam meningkatkan kualitas lahan pertanian baik dari segi fisik, kimia, dan biologi tanah. Kualitas lahan yang baik dalam hal ini tanah yang subur dapat menunjang pertumbuhan tanaman guna dapat berproduksi optimal dalam mendukung ketahanan dan keamanan pangan. Peningkatan kesuburan tanah melalui aktivitas biodegradasi cemaran (bioremediasi) juga mewujudkan pelestarian sumberdaya lahan ke arah pertanian berkelanjutan.

### **Pemanfaatan *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. pada aspek proteksi tanaman**

Dalam aspek proteksi tanaman, *Streptomyces* sp. dimanfaatkan sebagai agensia hayati dalam mencegah dan menanggulangi dampak serangan lalat buah *Bactrocera* sp. pada tanaman cabai secara tidak langsung melalui induksi ketahanan. Bakteri *Streptomyces* menghasilkan senyawa VOC (*Volatile Organic Compound*) dan antibiotik untuk melindungi tanaman dari hama *Bactrocera* sp. secara sistemik. Pemberian *streptomyces* dapat menjaga persentase tingkat serangan pada kisaran 0-20% (Suryaminarsih dkk., 2016; Suryaminarsih dkk., 2019).

*Trichoderma* dalam bidang pertanian dapat berfungsi sebagai agensia hayati baik terhadap hama maupun penyakit. *Trichoderma* sebagai mikroorganisme antagonis terhadap mikroorganisme patogen memiliki cara kerja sebagai mikoparasit. *Trichoderma* dapat mensekresikan kitinase dan  $\beta$ -1,3-glucanases yang dapat mendegradasi sel mikroorganisme inang sehingga dapat memparasit patogen tanaman untuk mendapatkan nutrisi.

Selain sebagai agensia hayati yang berinteraksi dengan OPT secara langsung, *Trichoderma* dapat berfungsi sebagai penginduksi ketahanan tanaman. Akar tanaman yang terkolonisasi *Trichoderma* dapat mencegah serangan patogen tular tanah melalui pembentukan ketahanan sistemik yang dimediasi asam salisilat. Simbiosis *Trichoderma* dengan tanaman juga dapat membentuk ketahanan sistemik terhadap OPT baik hama maupun patogen melalui pembentukan VOC atau senyawa volatil organik yang memiliki fungsi spesifik terhadap suatu serangan (Poveda, 2021). Sebagai contoh, pada tanaman tomat yang ketahanannya diinduksi oleh *T. harzianum* dapat membentuk senyawa atraktan untuk mengundang parasitoid dan membentuk senyawa yang dihindari oleh hama seperti Alkaloid sehingga tanaman dapat terhindar dari serangan OPT.

Kombinasi *Streptomyces* dan *Trichoderma* bekerja secara sinergis dalam mengendalikan OPT. Menurut Laila dkk. (2016) penyalutan benih tanaman tomat menggunakan kombinasi *Trichoderma* sp. dan Actinomycetes (*Streptomyces* sp.) dapat menghambat infeksi patogen *Fusarium* sp. hingga 55% dibandingkan dengan penyalutan benih menggunakan *Trichoderma* atau Actinomycetes saja. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi kedua mikroorganisme bersifat saling kompatibel dalam melindungi pertumbuhan tanaman tomat. Hasil penelitian Fitriana (2019b), aplikasi

kombinasi *Streptomyces* dan *Trichoderma* dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan makan larva ulat grayak terhadap tanaman jagung dan berakibat pada mortalitas larva pada pengujian in vitro. Kombinasi tersebut juga dapat menanggulangi serangan nematoda *Meloidogyne* sp. pada tanaman tomat. Tingkat parasitasi nematoda secara in vitro mencapai 64,67%. Parasitasi pada nematoda tersebut terjadi secara mekanis (melalui pembentukan koloni pada tubuh nematoda) dan kimiawi (melalui pembentukan enzim dan metabolit sekunder) (Syahrok dkk. 2021). Selain pada tanaman hortikultura, aplikasi *Streptomyces* sp. yang dikombinasikan dengan mikroorganisme bermanfaat *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* pada melalui tanah atau bahan organik dapat menyebabkan mortalitas larva *Lepidiotia stigma* OPT tanaman tebu secara in vitro hingga 88,89% (Hidayah dkk. 2019)

### **Prospek *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. bagi pertanian berkelanjutan**

Prospek pemanfaatan *Streptomyces* dan *Trichoderma* sp. sebagai mikroorganisme multifungsi untuk meningkatkan produktivitas usaha tani sangat tinggi karena didukung secara penuh oleh pemerintah melalui fasilitas laboratorium ataupun pelatihan pada balai-balai penelitian di tingkat pusat hingga Balai Penyuluh Pertanian di tingkat kecamatan di seluruh Indonesia (Ambarwati & Maryana, 2021). Selain itu, keberadaan kelompok tani dan Pusat Pelatihan Pertanian dan Pedesaan Swadaya (P4S) dapat menjadi wadah organisasi bagi petani untuk dapat mengembangkan pengetahuan tentang perbanyakan dan pemanfaatan mikroorganisme bermanfaat (Nur, 2020).

*Streptomyces* dan *Trichoderma* dapat dieksplorasi dan diisolasi dari tanah pada lahan pertanian atau tanaman dari famili Solanaceae seperti cabai dan tomat. Kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan seperti pada lahan dengan pestisida intensif maupun lahan kering tidak mengurangi kemampuan *Streptomyces* untuk dapat bertahan hidup. Kondisi akibat cekaman fisik berupa suhu ataupun cekaman kimiawi justru dapat memacu produksi senyawa metabolit pada *Streptomyces* sehingga berpotensi baik untuk digunakan sebagai mikroorganisme bermanfaat (Yoon & Nodwell, 2014). Akan tetapi, kendala bagi tingkat pelaksana dalam hal ini petani, proses eksplorasi tersebut memerlukan kemampuan penunjang, sarana dan prasarana, serta biaya yang relatif tinggi. Oleh karena itu petani dapat langsung memperoleh isolat murni pada laboratorium pertanian terdekat atau menggunakan produk produk berbahan mikroorganisme sebagai *starter* atau sumber mikroorganisme yang akan diperbanyak.

Perbanyakan mikroorganisme pada dalam rangka produksi massal pada tingkat petani saat ini relatif mudah dilakukan dengan pengetahuan sterilisasi peralatan serta pemanfaatan peralatan rumah tangga. Media perbanyakan dalam produksi *Streptomyces* dan *Trichoderma* seperti ekstrak kentang gula sebagai media cair maupun jagung atau beras sebagai media padat dapat dengan mudah diakses oleh petani (Fitriana dkk., 2019a; Hidayah dkk, 2019).

Aplikasi mikroorganisme bermanfaat *Streptomyces* dan *Trichoderma* dapat disesuaikan dengan tujuan penggunaan dan dosis penggunaan dapat mengikuti anjuran peneliti serta dapat disesuaikan dengan reaksi dan kondisi lapangan. Mikroorganisme bermanfaat dapat diaplikasikan pada perakaran bibit tanaman, melalui irigasi atau penyiraman, pemberian bersama pupuk kompos/bahan organik, melalui penyalutan pada benih, ataupun aplikasi pada organ tanaman atau pada jasad OPT (Poveda, 2021).

Pemanfaatan mikroorganisme *Streptomyces* dan *Trichoderma* dalam rangka pemberdayaan kelompok tani dapat meningkatkan hasil produksi tomat berdasarkan hasil pengujian pada demplot milik petani dimana terjadi peningkatan rata-rata hasil dan intensitas panen menjadi 1-2 kali lipat dibandingkan dengan demplot dengan perlakuan umum oleh petani. *Streptomyces* dan *Trichoderma* dapat membantu mempercepat pertumbuhan tanaman dan mampu bertahan serta berproduksi pada kondisi terpapar patogen sistemik. Perlakuan penggunaan mikroorganisme tersebut juga melibatkan pengurangan jumlah pupuk anorganik sehingga dapat melalui salah satu tahap dalam mewujudkan pertanian yang berkelanjutan (Suryaminarsih dkk., 2016).

Keunggulan pemanfaatan mikroorganisme bermanfaat antara lain: (1) tidak mengganggu lingkungan karena tidak menghasilkan gas rumah kaca ataupun residu kimiawi, (2) aman bagi organisme non-OPT khususnya musuh alami, (3) mengurangi potensi terjadinya resurgensi dan ledakan hama sekunder, (4) aman bagi kesehatan manusia, dan secara relatif dapat mengurangi biaya dan intensitas penggunaan pestisida kimiawi (Hanudin dan Marwoto, 2012; Sahu dkk, 2018).

Adapun kendala yang dihadapi dalam pengembangan dan pemanfaatan mikroorganisme antara lain: (1) memerlukan biaya, sarana dan prasarana pendukung untuk kegiatan perbanyakan, (2) membutuhkan waktu relatif lama untuk mengetahui hasil/reaksi mikroorganisme, (3) efektifitas dapat berkurang akibat penggunaan pestisida kimia. Hal ini juga disampaikan Hanudin dan Marwoto (2012) bahwa reaksi mikroba yang relatif lambat dan memiliki masa simpan yang rendah. Akan tetapi kekurangan tersebut dapat diatasi dengan seleksi mikroorganisme dan pembuatan formulasi agensia hayati yang tepat serta pemanfaatan bioteknologi yang lebih modern guna meningkatkan efektifitas mikroorganisme tersebut. Riset-riset lanjutan diperlukan untuk menggali potensi-potensi lain dari *Streptomyces* dan *Trichoderma* serta produksi yang lebih praktis dan efisien.

## Kesimpulan

Kesimpulan yang ditarik dari pembahasan tersebut yaitu *Streptomyces* dan *Trichoderma* merupakan mikroorganisme multiperan bermanfaat bagi usaha pertanian untuk mendukung keamanan pangan melalui pertanian modern yang berkelanjutan.

## Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Program Studi Magister Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur serta pihak-pihak yang telah mendukung penyusunan artikel ilmiah.

## Daftar Pustaka

- Ambarwati, M. & R. Maryana (2020). Melalui bimbingan teknis pengembangan agens hayati, kementan dorong peningkatan kapasitas petugas perlindungan dalam pelaksanaan kegiatan pemberdayaan petani dalam pemasyarakatan Pht (P4) Di Lampung. Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan Kementerian Pertanian RI. Diperoleh dari: <http://ditlin.tanamanpangan.pertanian.go.id/berita/223>
- Benimeli, C.S., Fuentes, M.S., Abate, C.M., & Amoroso M. J. (2008). Bioremediation of lindane-contaminated soil by *Streptomyces* sp. M7 and its effects on *Zea mays* growth. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 61(3), 233–239. doi:10.1016/j.ibiod.2007.09.001
- Fitriana, I. N., Suryaminarsih, P., Mindari, W., & Wiyatiningsih, S. (2019a). Studi pertumbuhan multiantagonis trichoderma sp. dan streptomyces sp. dalam suspensi akar, humat cair dan ekstrak kentang gula. *Berkala Ilmiah Agroteknologi - PLUMULA*, 7(1), 25–32. <https://doi.org/10.33005/plumula.v7i1.19>
- Fitriana, I. N., Suryaminarsih, P., & Mujoko (2019b). Potential of Multientomopatogen *Streptomyces* sp. and *Tripchoderma* sp. in potato extract broth and glucose nitrate broth media on pests (*Spodoptera litura*) eating behavior by in vitro test. 4 th International Seminar of Research Month. *NST Proceedings*. zpages 270-276. doi: 10.11594/nstp.2019.0438
- Gold, M. V. (1999). *Sustainable agriculture: definitions and terms | alternative farming systems information center| NAL | USDA*. National Agricultural Library - United States Department of Agriculture. <https://www.nal.usda.gov/afsic/sustainable-agriculture-definitions-and-terms>
- Hanudin & Marwoto, B. (2012). Rospek penggunaan mikroba antagonis sebagai agens pengendali hayati penyakit utama pada tanaman hias dan sayuran. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1), 8-13.
- Hidayah, A., Harijani, W. S., Widajati, W., & Ernawati, D. (2019). Potensi Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* dan *Streptomyces* sp. terhadap Mortalitas *Lepidoptera stigma* pada Tanaman Tebu. *Berkala Ilmiah Agroteknologi Plumula*, 7(2), 64-72
- Hidayati, F., Yonariza, Nofaldi, & Yuzaria D. (2018). Intensifikasi lahan melalui sistem pertanian terpadu: sebuah tinjauan. *prosiding seminar nasional pembangunan pertanian dan pedesaan, Pekanbaru*, 1, 113-119.
- Juby, S., Jishma, P., & Radhakrishnan, E. K. (2020). Emerging insights on the potential role of plant-associated microorganisms in sustainable agriculture. Di *Microbiomes and Plant Health* (pp. 3–28). Elsevier Gezondheidszorg. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819715-8.00001-X>
- Laila A.F., Suryaminarsih P., & Julyasih K.S.M. (2016). Penyalutan benih tomat dengan agens hayati trichoderma sp. dan actinomycetes sp. untuk pencegahan penyakit layu fusarium (*Fusarium* sp.). *Berkala Ilmiah Agroteknologi Plumula*, 5(1), 86-98
- Nur. (2020). *P4S tani makmur gelar pelatihan perbanyakan agen hayati dan pestisida nabati. harian forum*. Diperoleh dari <https://harianforum.com/p4s-tani-makmur-gelar-pelatihan-perbanyakan-agen-hayati-dan-pestisida-nabati/>
- Poveda, J. (2021). *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite. *Biological Control*, 159, 104634. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104634>

- 
- Sahu, P. K, Singh, D. P., Prabha, R., Meena, K. K., & Abhilash, P. C. (2018). *Connecting microbial capabilities with the soil and plant health: Options for agricultural sustainability. Ecological Indicators, 0*, S1470160X18304357-. doi:10.1016/j.ecolind.2018.05.084
- Schwartz, D., Berger, S., Heinzemann, E., Muschko, K., Welzel, K., & Wohlleben, W. (2004). Biosynthetic gene cluster of the herbicide phosphinothricin tripeptide from *Streptomyces viridochromogenes* Tü494. *Applied and Environmental Microbiology, 70*(12), 7093–7102. <https://doi.org/10.1128/aem.70.12.7093-7102.2004>
- Simarmata, T., Hersanti, Turmuktini, T., Fitriatin, B. N., Setiawati, M. R., & Purwanto. (2016). Application of bioameliorant and biofertilizers to increase the soil health and rice productivity. *HAYATI Journal of Biosciences, 23*(4), 181–184. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2017.01.001>
- Suryaminarsih, P., Harijani, W.S., & Mujoko, T. (2016). Pemberdayaan Kelompok Tani dalam Meningkatkan Produksi Tomat dengan Pemanfaatan Agensia Hayati *Streptomyces* sp., & *Trichoderma* sp. *Agridevina, 5*(1), 33-39.
- Suryaminarsih, P., Harijani, W.S., Syafriani, E., Rahmadhini, N., & Hidayat, R. (2019). Aplikasi *Streptomyces* sp. sebagai agen hayati pengendali lalat buah (*Bactrocera* sp.) dan Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) pada tanaman tomat dan cabai. *Agrium, 22*(1), 62-69. <https://doi.org/10.30596/agrium.v21i3.2456>
- Suryaminarsih, P., Megasari, D., & Mujoko, T. (2020a). The effect temperature pressure on multiantagonist *Streptomyces* sp., *Trichoderma* sp. biological control of *Fusarium oxysporum* wilt pathogens. Seminar Nasional Magister Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Jawa Timur. *NST Proceedings*, 85-91. doi: 10.11594/nstp.2020.0609
- Syahrok, S.F., Suryaminarsih, P., & Widajati, W. (2021). Potensi *Trichoderma* sp. dan *Streptomyces* sp. sebagai agensia hayati nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) pada tanaman tomat ceri secara in vitro. Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis ke-45 UNS Tahun 2021, 1199-1206
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E., Marra, R., Barbetti, M., Li, H., Woo, S., & Lorito, M. (2008). A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology, 72*(1–3), 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.05.005>
- Vurukonda, S. S. K. P., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as Endophytes. *International Journal of Molecular Sciences, 19*(4), 952. <https://doi.org/10.3390/ijms19040952>
- Yogaswara, Y., Suharjo, R., Dirmawati, S. R., & Ginting, C. (2020). Uji kemampuan isolat jamur *Trichoderma* spp. sebagai antagonis *Ganoderma boninense* Dan Plant Growth Promoting Fungi (PGPF). *Jurnal Agrotek Tropika, 8*(2), 235. <https://doi.org/10.23960/jat.v8i2.3904>
- Yoon, V., & Nodwell, J. R. (2014). Activating secondary metabolism with stress and chemicals. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 41*(2), 415–424. <https://doi.org/10.1007/s10295-013-1387-y>