

Multitalend of *Trichoderma* spp. Sebagai Agens Biokontrol Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT)

Dr. Tuminem., SP., M.Si
Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan

I. Pendahuluan

Trichoderma sp. merupakan salah satu cendawan antagonis yang banyak terdapat di tanah, ditemukan di hampir seluruh lahan pertanian dan tempat yang terdapat pembusukan kayu, berkembang biak dengan cepat pada daerah perakaran. Mikroorganisme antagonis adalah mikroorganisme yang mempunyai pengaruh yang merugikan terhadap mikroorganisme lain yang tumbuh dan berasosiasi dengannya, terutama mikroorganisme patogen tanaman. Dalam beberapa tahun terakhir, *Trichoderma* menjadi salah satu cendawan penting karena potensinya sebagai agens pengendali hayati Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT).

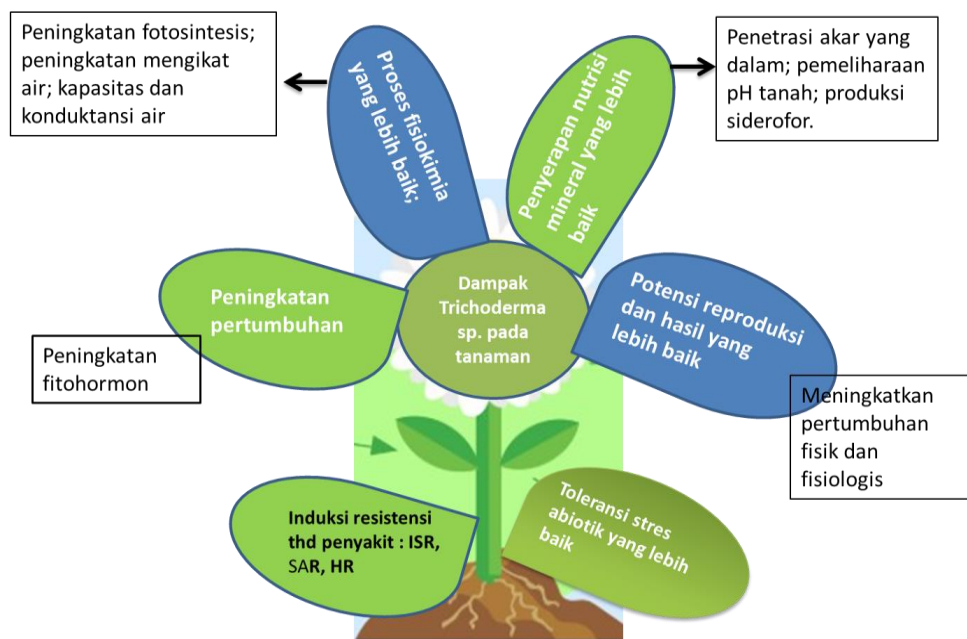
Secara makroskopis koloni cendawan berwarna hijau dan pertumbuhannya sangat cepat. Permukaan koloni *Trichoderma* sp. datar, berbentuk bulat, kasar seperti berserat dengan bagian tepi halus. Mula-mula koloni berwarna putih dan bagian tengah berwarna hijau muda selanjutnya menjadi hijau tua berbentuk lingkaran. Warna koloni berubah menjadi hijau tua pada seluruh permukaan atas saat umur cendawan 6 hari setelah inokulasi (Wayan, 2019). Secara mikroskopis *Trichoderma* sp. memiliki konidiofor hitam, bercabang banyak, phialid tunggal atau berkelompok, konidia hialin dan berbentuk lonjong bulat (Barnett and Hunter., 1998).

Potensi *Trichoderma* sp. sebagai pengendali patogen tanaman merupakan salah satu alternative yang dianggap aman dan memberikan hasil yang signifikan dalam menekan perkembangan patogen. *Trichoderma* sp. memiliki banyak manfaat di antaranya sebagai agens biokontrol penyakit tanaman secara interaksi langsung misalnya hiperparasitisme, kompetisi ruang dan nutrisi dan antibiosis) (Sood et al., 2020) maupun secara tidak langsung dengan meningkatkan pertumbuhan tanaman, induksi ketahanan tanaman, pengurai (membantu proses decomposer dalam pembuatan pupuk dan kompos) dan sebagai bioremediasi (Zin and Badaluddin., 2020), serta menghasilkan beberapa metabolit sekunder seperti enzim dan PR Protein (Sood et. Al., 2020).

2. Interaksi *Trichoderma* – Tanaman

Trichoderma sp. merupakan cendawan yang hidup bebas yang umum ditemukan di tanah tetapi juga dapat membentuk simbiosis endofit dengan tanaman, akar dan biji (Contreas-Cornejo et.al. 2020). Simbiosis antara tanaman dan mikroba adalah salah satu interaksi yang paling luar biasa di alam. Mikroba simbiotik meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan meningkatkan toleransi terhadap cekaman biotik, dengan imbalan nutrisi

dari tanaman. Cendawan *Trichoderma* membangun hubungan simbiosis yang menguntungkan dengan tanaman yang relevan dengan pertanian. Cendawan ini ditemukan di tanah di seluruh dunia dan memiliki berbagai cara hidup yang membentuk interaksi dengan berbagai spesies tanaman yang berbeda, di mana komunikasi kimia yang konstan dapat terjadi antara tanaman dan *Trichoderma* (Nogueira-Lopez., et al. 2020). Mekanisme bagaimana *Trichoderma* masuk ke dalam jaringan tanaman kemungkinan melibatkan sekresi sejumlah besar sinyal kimia yang dilepaskan oleh akar tanaman. *Trichoderma* tertarik oleh sinyal kimia yang dilepaskan akar tanaman. Langkah awal pembentukan simbiosis melibatkan pelekatan dan penetrasi dan kolonisasi *Trichoderma* di dalam akar tanaman. Pelekatan akar tanaman difasilitasi oleh Sistein-kaya protein diketahui sebagai hidropobin. Setelah berhasil melekat/menempel, invasi ke dalam akar tanaman dipacu oleh eksresi *expansin-like protein*. Keberhasilan *Trichoderma* penetrasi, diikuti oleh kolonisasi jaringan akar yang cepat, yang dicapai dengan menurunkan pertahanan tanaman seperti produksi phytoalexin. Pada tanah yang terkontaminasi patogen, *Trichoderma* spp. bekerja sama dengan mikroba menguntungkan lainnya, meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup tanaman (Sood et al. 2020).



Gambar 1. Dampak *Trichoderma* spp. pada tanaman. *Trichoderma* meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada tingkat fisiologis dan biokimia. Selanjutnya *Trichoderma* spp meningkatkan ketahanan tanaman terhadap beberapa cekaman biotik maupun abiotik melalui beberapa mekanisme adaptif.

2.1 Pengaruh *Trichoderma* spp. terhadap Morfologi Tanaman

Hasil penelitian telah banyak menunjukkan bukti bahwa aplikasi *Trichoderma* spp. pada rizosfer dapat meningkatkan sifat morfologi tanaman seperti panjang akar, biomassa, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, cabang dan buah (Halifu et. Al., 2019). Misalnya inokulasi tanah dengan *Trichoderma atrovirde* meningkatkan jumlah rambut akar sebagai akar lateral pada

Arabidopsis thaliana (Contreras-Cornejo *et. al.*, 2015). Demikian pula aplikasi *T. harzianum* pada akar mentimun meningkatkan biomassa dan pembentukan akar lateral.

2.2 Pengaruh Terhadap Fisiologi Tanaman

Trichoderma spp. secara positif berpengaruh pada beberapa proses fisiologis tumbuhan seperti fotosintesis, konduktansi stomata, ertukaran gas, penyerapan nutrisi dan asimilasi, efisiensi penggunaan air dan lain-lain. *Trichoderma* spp. meningkatkan pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi dari tanah. Perlakuan *Trichoderma* secara signifikan meningkatkan penyerapan Mg, konstituen utama klorofil yang juga terlibat dalam mengkatalisis aktivitas enzimatis serta mengatur gen yang terlibat dalam fotosintesis. Tanaman padi yang diberi perlakuan *Trichoderma* laju fotosintesis meningkat (tiga kali lipat), konduktansi stomata (meningkat dua kali lipat) dan efisiensi penggunaan air dirangsang secara signifikan dibandingkan dengan tanaman yang diperlakukan dengan kimia sintetis NPK (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium) (Doni *et. al.*, 2014). Perlakuan tanaman padi dengan *T. harzianum* meningkatkan kapasitas mengikat air, meningkatkan ketahanan terhadap cekaman kekeringan dan penundaan fenomena penuaan tanaman (Shukla *et.al.* 2012).

2.3 Dampak pada Kelarutan dan Penyerapan Nutrisi

Akar tanaman yang diberi perlakuan *Trichoderma* menunjukkan kemampuan yang lebih tinggi dalam mengeksplorasi tanah dan penyerapan mineral yang lebih baik. Mineral sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sebagian besar mineral secara alami berada di dalam tanah, tetapi hanya sebagian kecil dari mineral ini yang tersedia untuk diserap tanaman. Mineral yang tidak tersedia bagi tanaman harus diubah menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. *Trichoderma* spp. terbukti memiliki kemampuan untuk melarutkan beberapa mineral penting untuk pertumbuhan tanaman. *Trichoderma* mengeluarkan beberapa asam seperti asam kumarat, glukuronat dan sitrat yang membantu pelepasan ion fosfor yang tidak dapat diakses oleh tanaman (Halman., *et.al.* 2004). *Trichoderma harzianum* di tanah terbukti meningkatkan ketersediaan P serta Fe dan Zn dalam pengujian menggunakan media cair. Demikian pula *T. asperelloides*, meningkatkan jumlah Fe yang tersedia dan P di rizosfer masing-masing sebesar 30% dan 90%. Selain itu, inokulasi *Trichoderma* menyebabkan peningkatan serapan Cu, Na, Zn serta mikronutrien lainnya (Li *et.al.* 2015). *T. Atroviride* strain MUCL45632 dilaporkan memproduksi dua jenis siderofor yaitu *hydroxamate* dan *katekol*. Aplikasi *Trichoderma* di tanah membantu mereduksi Fe³⁺ menjadi Fe²⁺, sehingga meningkatkan kelarutan dan penyerapannya (Colla *et.al.* 2015). Brotman *et.al.* (2012) melaporkan bahwa inokulasi *T. asperelloides* T₂O₃ meningkatkan kandungan asam amino pada tanaman. Peningkatan asam amino pada tanaman menjadi salah satu penentu peningkatan penggunaan efisiensi nitrogen. Aplikasi *Trichoderma* spp. dilaporkan meningkatkan ketersediaan N dan penyerapan nutrisi

2.4 Dampak pada Peningkatan Hasil

Perlakuan *Trichoderma harzianum* M10 dan *T. atroviridae* P1 pada tanaman anggur terbukti meningkatkan hasil masing-masing sebesar 63% dan 97% dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan (Pascale *et.al.* 2017). Beberapa spesies *Trichoderma* yang berbeda juga terbukti meningkatkan hasil yang lebih tinggi pada tanaman sawi, tebu, gandum, jagung, tomat, okra dan sedap malam (Haque *et.al.* 2012). Demikian pula biopriming benih dengan *Trichoderma* spp. secara substansial meningkatkan hasil panen pada pengujian rumah kaca (Mahmood *et.al.* 2018).

2.5 Dampak Terhadap Toleransi Cekaman Abiotik

Inokulasi tanah dengan strain *Trichoderma* yang berbeda meningkatkan pertumbuhan dan reproduksi tanaman di bawah cekaman abiotik. Contohnya biopriming padi dengan *T. harzianum* menurunkan efek bahaya dari cekaman salinitas pada tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Rawat *et.al.* 2012). Hal yang sama dilaporkan oleh Qi *et. al.* (2013), bahwa tanaman timun yang diberi perlakuan *T. asperelum* Q1 secara signifikan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ketahanan terhadap cekaman salinitas. Selain itu, aplikasi *Trichoderma* spp. juga berperan penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap dampak tekanan panas maupun dingin. Garbanpour *et.al.* (2018) melaporkan bahwa aplikasi *T. harzianum* AK20G secara signifikan meningkatkan ketahanan tanaman tomat terhadap cekaman stress suhu rendah (dingin).

2.6 Induksi Ketahanan Tanaman Terhadap Penyakit

Telah banyak dilaporkan bahwa aplikasi *Trichoderma* spp yang berbeda dalam rizosfer tanaman dapat meningkatkan pertahanan tanaman terhadap beberapa organisme patogen seperti virus, bakteri dan cendawan dengan merangsang inisiasi mekanisme resistensi yang berbeda terutama mencakup *induced systemic resistance* (ISR), *Hypersensitive response* (HR) dan *systemic acquired resistance* (SAR). Ketahanan terinduksi didefinisikan sebagai peningkatan ekspresi dan atau stimulasi pertahanan alami yang dimiliki tanaman oleh agens biotik maupun abiotik maupun abiotik untuk menangkal serangan patogen (Ryals *et.al.* 1994; Edvera 2004). Ketahanan terinduksi berasal dari ketahanan alami yang dimiliki tanaman, namun masih bersifat laten, lemah bahkan tidak muncul dan akan tereksresi jika ada aksi dari agens penginduksi. Agens penginduksi disebut juga elisitor atau induser merupakan molekul yang mampu menstimulasi dan mengaktifkan respon ketahanan tanaman. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* spp. dapat menjadi elisitor yang berfungsi dalam ketahanan tanaman terhadap serangan organisme pengganggu tumbuhan (Vinale *et. al.* 2014). Hal yang sama dikemukakan oleh Harman *et. al.* (2004) bahwa *Trichoderma* spp. merupakan cendawan yang dapat memproduksi berbagai macam senyawa yang dapat menginduksi resistensi tanaman secara local

dan sistemik terhadap serangan penyakit tanaman dan juga terhadap keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan.

Metabolit sekunder *Trichoderma* spp. dapat berupa senyawa antibiotik, enzim, toksin, dan hormone. Tarus et.al. (2003) melaporkan bahwa metabolit sekunder *T. harzianum* dan *T. longibrachiatum* yaitu *2-phenylethanol*, *tyrosol*, *6-npenty- α -pyrone*, *sorbicillin* dan *ergosterol* efektif digunakan untuk pengendalian *Amillariella mellea* pada tanaman. Vinale et.al. (2014) juga melaporkan bahwa kultur filtrate *T. harzianum* menghasilkan metabolit sekunder *isoharzianic acid* (iso-HA) dapat menghambat pertumbuhan hifa *Sclerotinia sclerotiorum* dan *Rhizoctonia solani* serta menginduksi ketahanan tanaman tomat.

Mekanisme induksi resistensi dari *Trichoderma* terjadi melalui kontak antara spora atau struktur propagative dari cendawan pada permukaan akar. Struktur yang telah melekat pada permukaan akar tanaman akan menghasilkan sedikitnya tiga substansi kimia yang mampu meningkatkan pertahanan tanaman seperti peptide, protein dan senyawa kimia berbobot molekul rendah. Induksi resistensi ini dapat terjadi melalui dua cara yaitu produksi secara langsung *pathogenesis-related* (PR) *protein* serta fitoaleksin sebagai akibat serangan mikroorganisme patogenik (Heil & Bostock, 2002).

3. Interaksi Trichoderma-Patogen

Pengendalian penyakit menggunakan agens biokontrol seperti mikroorganisme, merupakan hasil interaksi simbiosis antara tanaman dan komunitas pathogen. Kemampuan *Trichoderma* dalam meningkatkan ketahanan tanaman dan mengendalikan pathogen telah dianalisis secara intensif dan dimanfaatkan secara komersial sebagai agens biokontrol, pembenah tanah dan pupuk hayati. Beberapa spesies dari genus ini sangat kompeten di rizosfer dan juga dapat menguraikan polisakarida, hidrokarbon, senyawa klorofenolik dan pestisida xenobiotic yang digunakan dalam budidaya tanaman. Strategi kunci biokontrol *Trichoderma* dalam menekan cendawan pathogen secara langsung adalah melalui mekanisme mikroparasitisme, kompetisi dan antibiosis (Juliatti et.al. 2019).

3.1 Mikoparasitisme

Mikoparasitisme menyiratkan serangan langsung satu spesies cendawan ke spesies cendawan lainnya dan merupakan salah satu mekanisme antagonis penting dari *Trichoderma* spp. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa banyak strain *Trichoderma* yang menyerang dan menekan pertumbuhan cendawan pathogen tanaman misalnya *Rhizoctonia solani*, *Alternaria alternata*, *Sclerotinia sclerotium*, *Fusarium* spp., *Botrytis cinerea*, *Pythium* spp., dan *Ustilago maydis* (Druzhinina et.al. 2011 : Harwoko et.al. 2019).

Sekitar 70 tahun lalu, Weindling adalah orang yang pertama mencatat reaksi mikroparasit ini. Proses tersebut termasuk kejadian yang kompleks yang terjadi secara berurutan. Pertama, pengenalan antara *Trichoderma* dan cendawan target yang dimediasi oleh adanya ikatan

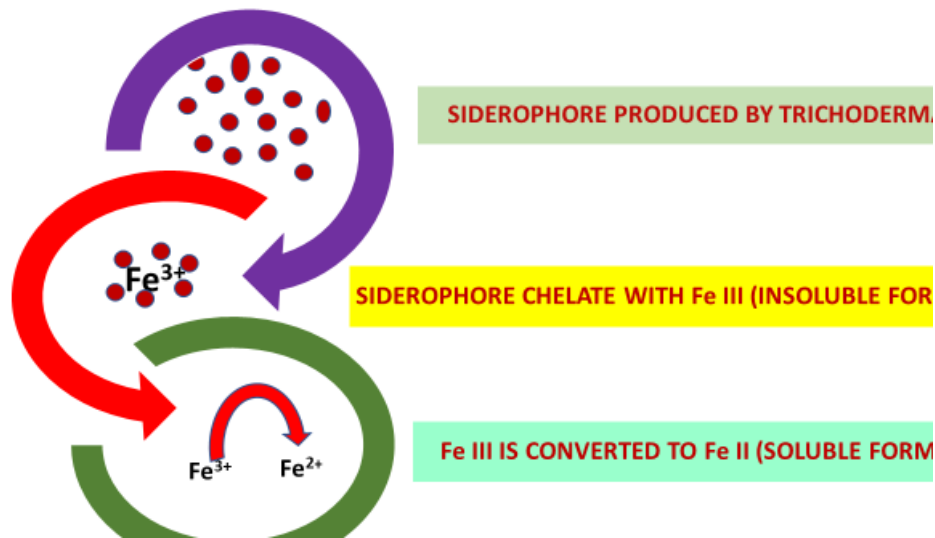
karbohidrat pada dinding sel *Trichoderma* ke lectin lainnya, diikuti oleh putaran hifa dan perkembangan apresoria (seperti *kapak* yang berperan dalam penetrasi cendawan). Setelah penetrasi berhasil, *Trichoderma* memulai serangan ke seluler inang dengan menghasilkan berbagai enzim fungitoksik pendegradasi dinding sel seperti glukukanase, kitinase dan protease (Harman *et.al.* 2004), hal ini menyebabkan rusaknya dinding sel inang dan parasitisme *Trichoderma* pada cendawan pathogen berhasil. Selanjutnya, agens biokontrol tidak hanya merusak dinding sel cendawan pathogen tetapi juga menonaktifkan enzim (misalnya pectinase) yang penting bagi cendawan pathogen untuk berkoloni dan menembus jaringan tanaman. Sebagaimana telah diketahui bahwa dinding sel cendawan terdiri dari kitin dan β -1,3-glucan. Kitinase dan β -1,3-glucanase adalah enzim litik yang disintesis oleh *Trichoderma* spp. yang berperan dalam mikoparasitisme yang mengarah pada degradasi dinding sel cendawan fitopatogenik. Selain itu, enzim pendegradasi dinding sel lainnya, termasuk menghidrolisis polimer minor (seperti protein, β -1,6-glucans, α -1,3-glucans dst) menyebabkan disintegrasi yang lengkap dan efektif pada dinding miselium atau konidia cendawan pathogen oleh *Trichoderma* spp. Lebih lanjut dilaporkan bahwa enzim β -1,6-glucanase dapat mendegradasi dinding sel khamir, cendawan berfilamen dan bakteri (Rombouts *et.al.* 1976).

3.2 Kompetisi

Persaingan mikro dan makro nutrient seperti C, N dan Fe berperan penting selama interaksi cendawan yang menguntungkan (cendawan agens biokontrol) dan cendawan tidak menguntungkan (cendawan pathogen/fitotoksik) ketika bersama-sama berada dalam system biokontrol. Telah diketahui bahwa spesies *Trichoderma* bersaing dalam penyerapan nutrisi, penguasaan relung biologi atau tempat infeksi dengan pathogen di rizosfer tanaman. *Trichoderma* menunjukkan kemampuan yang lebih baik untuk memobilisasi dan menyerap nutrisi dari tanah dibandingkan dengan mikroorganisme rizosfer lainnya. Pengelolaan pengendalian beberapa pathogen tanaman menggunakan *Trichoderma* melibatkan berbagai mekanisme penting antara lain adalah kompetisi nutrisi yang dianggap penting diantara mekanisme lainnya. Pemanfaatan nutrisi yang efektif tergantung pada kemampuan *Trichoderma* spp. untuk mendapatkan energy yang berasal dari metabolisme karbohidrat seperti selulosa, kitin, glukukan dan glukosa yang terdapat disekitar miselium (Mahmood *et.al.* 2018). Eksudat akar dan rizosfer sangat kaya akan nutrisi seperti karbohidrat, asam amoni, asam organic, vitamin, Fe dan lain-lain, tetapi persaingan untuk C antara *Trichoderma* dan cendawan pathogen seperti *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporium* dan lain-lain dianggap paling penting (Sarrocco *et.al.* 2009).

Dibandingkan dengan mikroba lainnya di tanah, *Trichoderma* lebih unggul dalam mobilisasi nutrisi dan penggunaannya. *Trichoderma* menginduksi penurunan pH tanah melalui biosintesis dan pelepasan asam organic seperti glukonat, sitrat dan fumarat. Bahkan asam organic tersebut lebih lanjut memfasilitasi pelarutan mikro nutrient dan mineral kation seperti Fosfat, Fe, Mn dan Mg

(Vinale et.al. 2008). Ion Fe berfungsi sebagai kofaktor untuk beberapa enzim dan berperan penting sebagai nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.



Gambar 2. Pada rizosfer tanaman, *Trichoderma* menghasilkan siderofor yang mengkhelat Fe (Fe^{3+}) yang tidak larut dan memfasilitasi konversinya menjadi bentuk Fe (Fe^{2+}) terlarut. Dengan melakukan ini, *Trichoderma* juga membuat sumber Fe tidak tersedia untuk cendawan pathogen.

3.3 Antibiosis

Antibiosis adalah proses dimana senyawa berbobot molekul rendah dapat digunakan menekan pertumbuhan mikroorganisme lain. Antibiosis terutama berpusat pada produksi metabolit sekunder yang menunjukkan konsekuensi penghambatan atau mematikan cendawan pathogen. Lebih dari 180 metabolit sekunder telah diisolasi cendawan genus *Trichoderma* (Reino et.al. 2008). Berbagai spesies *Trichoderma* spp. diketahui menghasilkan asam amino *non-proteinogenic* (terutama α -aminoisobutyric) terdiri dari peptaibols yang merupakan polipeptida antibiotik dengan bobot molekul antara 500 sampai 2200 Da.

Selain itu, *Trichoderma* spp. mengekspresikan kemampuan untuk mensintesis metabolit yang berbeda disebut poliketida melalui proses yang kompleks yang dikatalis oleh enzim yang disebut poliketida sintase. Starin *Trichoderma* yang berbeda mensintesis berbagai antibiotik antara lain *T. viride* menghasilkan trichotoksin A dan B, trichodecenins, trichorovins dan trichoselin. Demikian pula *T. harzianum* menghasilkan trichoianins A dan B, trichozin, HA dan MA. *T. longibrachiatum* menghasilkan tricholongisin BI dan BII (Reino et.al. 2008). Metabolit antibakteri dan fungisida lainnya, misalnya koningin, viridin, dermadin, trichoviiridin, lognoren dan asam koningat dihasilkan oleh kultur *T. koningii*, *T. harzianum*, *T. aureoviride*, *T. viride*, *T. virens*, *T. hamatum* dan *T. lignorum* (Reino et.al 2008). Pertumbuhan pathogen tular tanah seperti *R. solani*, *Phytophthora cinnamomi*, *Pythium middletonii*, *F. oxysporum* dan *Bipolaris sorokiniana* diketahui pertumbuhannya terhambat dengan adanya koninginin (Dublop et.al. 1989).

Secara umum, aktivitas antibiotic jika dikombinasikan dengan aktivitas enzim litik secara signifikan akan meningkatkan aktivitas antagonism *Trichoderma* spp. dibandingkan ketika bekerja secara terpisah. Disintegrasi awal dinding sel oleh enzim kitinolitik dalam kasus *B. cinerea* dan *F. ozysporum* meningkatkan penetrasi antibiotic ke dalam hifa cendawan target (Howell et.al. 2003).

4. Effect Inokulasi *Trichoderma*

4.1. Pemusnahan Organisme Patogen

New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering

Recent Developments in Trichoderma Research (Elsevier)

2020, Pages 109-139

Chapter 5 - Chemical communication between *Trichoderma* and plants

Author links open overlay panel

[GuillermoNogueira-López](#), [RobertLawry](#), [Jesús FranciscoEchaide-Aquino](#), [ArtemioMendoza-Mendoza](#)

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819453-9.00005-2>

[Co-Evolution of Secondary Metabolites](#) pp 263-290| [Cite as](#) 2020
Interactions of *Trichoderma* with Plants, Insects, and Plant Pathogen Microorganisms:
Chemical and Molecular Bases

- [Authors](#)
- Hexon Angel Contreras-Cornejo
- Lourdes Macías-Rodríguez
- Ek del-Val
- John Larsen