



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SERTIFIKAT PATEN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten : LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LPPM) UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Jl. Dr. Soeparno
Karangwangkal 53122, Purwokerto
INDONESIA

Untuk Invensi dengan Judul : BIOFUNGISIDA BERBASIS *TRICHODERMA HARZIANUM* T10

Inventor : Prof. Ir. Loekas Soesanto, MS., Ph.D
Endang Mugiastuti, SP., MP
Ruth Feti Rahayuniati, SP., MP

Tanggal Penerimaan : 10 Juli 2015

Nomor Paten : IDP000073624

Tanggal Pemberian : 15 Desember 2020

Perlindungan Paten untuk invensi tersebut diberikan untuk selama 20 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 22 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari invensi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

**DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
DIREKTORAT PATEN, DESAIN TATA LETAK SIRKUIT TERPADU DAN RAHASIA DAGANG**

Jln. H.R. Rasuna Said, Kav. 8-9 Kuningan Jakarta Selatan 12940
Phone/Facs. (6221) 57905611; Website: www.dgip.go.id

INFORMASI BIAYA TAHUNAN

Nomor Paten : IDP000073624 Tanggal diberi : 15/12/2020 Jumlah Klaim : 2
 Nomor Permohonan : P00201504278 IPAS Filing Date : 10/07/2015
 Entitlement Date : 10/07/2015

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 28 tahun 2019 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan negara Bukan Pajak Yang Berlaku Pada Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, biaya tahunan yang harus dibayarkan adalah sebagaimana dalam tabel di bawah.

Biaya Tahunan Ke-	Periode Perlindungan	Batas Akhir Pembayaran	Biaya Dasar	Jml Klaim	Biaya Klaim	Total	Terlambat (Bulan)	Total Denda	Jumlah Pembayaran
1	10/07/2015-09/07/2016	14/06/2021	0	2	0	0	0	0	0
2	10/07/2016-09/07/2017	14/06/2021	0	2	0	0	0	0	0
3	10/07/2017-09/07/2018	14/06/2021	0	2	0	0	0	0	0
4	10/07/2018-09/07/2019	14/06/2021	0	2	0	0	0	0	0
5	10/07/2019-09/07/2020	14/06/2021	0	2	0	0	0	0	0
6	10/07/2020-09/07/2021	14/06/2021	1.500.000	2	300.000	1.800.000	0	0	1.800.000
7	10/07/2021-09/07/2022	14/06/2021	2.000.000	2	400.000	2.400.000	0	0	2.400.000
8	10/07/2022-09/07/2023	11/06/2022	2.000.000	2	400.000	2.400.000	0	0	2.400.000
9	10/07/2023-09/07/2024	11/06/2023	2.500.000	2	500.000	3.000.000	0	0	3.000.000
10	10/07/2024-09/07/2025	11/06/2024	3.500.000	2	500.000	4.000.000	0	0	4.000.000
11	10/07/2025-09/07/2026	11/06/2025	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
12	10/07/2026-09/07/2027	11/06/2026	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
13	10/07/2027-09/07/2028	11/06/2027	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
14	10/07/2028-09/07/2029	11/06/2028	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
15	10/07/2029-09/07/2030	11/06/2029	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
16	10/07/2030-09/07/2031	11/06/2030	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
17	10/07/2031-09/07/2032	11/06/2031	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
18	10/07/2032-09/07/2033	11/06/2032	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
19	10/07/2033-09/07/2034	11/06/2033	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000
20	10/07/2034-09/07/2035	11/06/2034	5.000.000	2	500.000	5.500.000	0	0	5.500.000

Biaya yang harus dibayarkan untuk pertama kali hingga tanggal 31/08/2021 (tahun ke-1 s.d 8) adalah sebesar 6.600.000 ✓

- Pembayaran biaya tahunan untuk pertama kali wajib dilakukan paling lambat 6 (enam) bulan terhitung sejak tanggal diberi paten
- Pembayaran biaya tahunan untuk pertama kali meliputi biaya tahunan untuk tahun pertama sejak tanggal penerimaan sampai dengan tahun diberi Paten ditambah biaya tahunan satu tahun berikutnya.
- Pembayaran biaya tahunan selanjutnya dilakukan paling lambat 1 (satu) bulan sebelum tanggal yang sama dengan Tanggal Penerimaan pada periode perlindungan tahun berikutnya.
- Permohonan penundaan pembayaran biaya tahunan akan diterima apabila diajukan paling lama 7 hari kerja sebelum tanggal jatuh tempo pembayaran biaya tahunan berikutnya, dan bukan merupakan pembayaran biaya tahunan pertama kali.
- Dalam hal biaya tahunan belum dibayarkan sampai dengan jangka waktu yang ditentukan, Paten dinyatakan dihapus

(12) PATEN INDONESIA

(11) IDP000073624 B

(19) DIREKTORAT JENDERAL
KEKAYAAN INTELEKTUAL

(45) 15 Desember 2020

(51) Klasifikasi IPC⁸ : A 01N 63/00

(1) No. Permohonan Paten : P00201504278

(2) Tanggal Penerimaan: 10 Juli 2015

Data Prioritas :

(31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara

Tanggal Pengumuman: 20 Januari 2017

Dokumen Pemanding:

RU2467556C1

JJI KESESUAIAN EMPAT ISOLAT TRICHODERMA SPP. DAN DAYA HAMBAT IN VITRO TERHADAP BEBERAPA PATOGEN ANAMAN Loekas Soesanto¹ , Endang Mugiastuti¹ , Ruth Feti Rahayuniati¹ , & Ratna Stia Dewi, Fakultas Pertanian dan Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, September 2013

(71) Nama dan Alamat yang Mengajukan Permohonan Paten :
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Jl.Dr.Soeparno
Karangwangkal 53122, Purwokerto
INDONESIA

(72) Nama Inventor :
Prof. Ir. Loekas Soesanto, MS., Ph.D, ID
Endang Mugiastuti, SP., MP, ID
Ruth Feti Rahayuniati, SP., MP, ID

(74) Nama dan Alamat Konsultan Paten :

Pemeriksa Paten : Ir. Dara Mutia

Jumlah Klaim : 2

Intensi : BIOFUNGISIDA BERBASIS *TRICHODERMA HARZIANUM* T10

Abstrak :

Biofungisida berbasis jamur antagonis *Trichoderma harzianum* T10 dengan kepadatan 10⁸ konidium/ml dan dengan bahan pembawa tepung beras 10 g/l dan gula pasir 10 g/l, berpotensi dikembangkan dalam skala industri untuk mengendalikan beragam penyakit tanaman, terutama pada tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan. Biofungisida ini mudah, murah, dan praktis dibuat, serta aman dan ramah lingkungan. Formula tepung beras mempunyai beberapa kelebihan, selain komposisinya terjamin seragam, juga tepung beras mudah diaplikasikan untuk skala besar di semua tempat. Biofungisida ini dapat diaplikasikan dengan beragam cara.



Deskripsi

BIOFUNGISIDA BERBASIS *TRICHODERMA HARZIANUM* T10

5 Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan formula cair biofungisida berbasis jamur antagonis *Trichoderma harzianum* T10, dengan kepadatan 10^8 konidium/ml dengan bahan pembawa tepung beras sebanyak 10 g/l ditambah gula pasir sebanyak 10 g/l untuk
10 mengendalikan penyakit tanaman, baik di tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan. *Trichoderma harzianum* T10 adalah salah satu jamur antagonis yang telah diuji kemampuannya di dalam mengendalikan beberapa penyakit tanaman, baik *in vitro*, *in planta*, maupun *in vivo*.

15

Latar Belakang Invensi

Masalah penyakit tanaman selalu ada di setiap musim tanam, dan berperan penting di dalam menurunkan produksi tanaman. Sampai sekarang ini, masih banyak penyakit tanaman
20 yang belum dapat dikendalikan, sehingga selalu menjadi masalah penting di dalam dunia pertanian. Pengendalian penyakit tanaman yang banyak dan selalu dilakukan adalah dengan menggunakan bahan kimia sintetis, yang dikenal dengan nama fungisida. Akan tetapi, aplikasi fungisida di lapangan belum
25 menunjukkan hasil yang memuaskan. Di samping itu, telah banyak dampak negatif penggunaan pestisida yang dirasakan, baik terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, maupun terhadap keamanan pangan produk pertanian (Salako, 1985; Gamliel et al., 1997; Pensuk et al., 2003). Masyarakat konsumen produk
30 pertanian telah semakin sadar akan produk tanaman yang sehat dan aman dikonsumsi.

Alternatif pengendalian penyakit tanaman telah banyak digali dan digunakan untuk mengurangi dan jika mungkin meniadakan pengaruh penyakit tanaman. Pemanfaatan beberapa

mikroba antagonis untuk mengatasi masalah penyakit tanaman telah banyak dikaji dan diteliti. Namun, hasil dari aplikasi mikroba antagonis tersebut masih belum stabil dalam mengurangi kerugian karena penyakit tanaman. Pemilihan penggunaan agensia hayati ini didasarkan kepada beberapa hal, di antaranya aman terhadap lingkungan, murah dan mudah diperoleh dan diaplikasikan, serta mempunyai banyak mekanisme penghambatan terhadap penyebab penyakit tanaman. Salah satu agensia hayati adalah jamur antagonis *Trichoderma harzianum*

10 Jamur *T. harzianum* T10 merupakan salah satu spesies jamur antagonis yang paling umum dan telah banyak diteliti dan diaplikasikan untuk mengatasi penyakit tanaman. Banyak isolat telah diperoleh dari beragam rhizosfer tanaman dan telah diuji di beberapa penyakit tanaman dengan hasil beragam dalam menekan (Soesanto et al., 2011; Latifah et al., 2012). *T. harzianum*, *T. pseudokoningii*, *T. viridae*, dan *T. polysporum* diketahui mampu menghambat perkembangan jamur *F. oxysporum* (Rahayuniati, 2012). *T. harzianum* memiliki kemampuan mengimbas oospora, bersifat antijamur, antimikroba, bakterisida, dan perangsang tumbuh (*Plant Growth Regulator/PGR*), *T. pseudokoningii* bersifat antimutagen, antijamur, dan sitotoksin, *T. viridae* bersifat sitotoksin, antiseptis, bakterisida, antimikroba, antibakteri, antibiotika, penghambat perkecambahan spora, dan *plant growth promoting fungi* (PGPF), 25 sedangkan *T. polysporum* mampu menghasilkan mikotoksin, bersifat antijamur, antitrikomonal, immunosupresif, dan antibiotika (Sivasithamparam dan Ghisalberti, 2002). Selain itu, beberapa strain *T. harzianum* dapat mengimbas ketahanan sistemik dan lokal terhadap beberapa patogen tanaman, juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan (Ha, 2010).

Sebenarnya dijelaskan dulu *T. harzianum* T 10 itu diisolasi dari mana dsb. Karakteristiknya bagaimana dsb.....

Keefektifan *T. harzianum* T10 dalam menekan serangan patogen dapat dilihat dari kemampuan mikroba tersebut untuk

berkembang biak dengan sangat cepat, sehingga mampu berkompetisi dalam hal ruang dan makanan yang tersedia di sekitar rizosfer maupun filosfer (Bugisinesia et al., 2010). *T. harzianum* asal lahan kentang mampu menekan perkembangan *F. oxysporum* penyebab layu pada tanaman kentang melalui mekanisme persaingan ruang, nutrisi, dan hiperparasit (Soesanto et al., 2009).

Trichoderma harzianum T10 telah digunakan untuk mengendalikan beberapa patogen tular-tanah, antara lain terhadap penekanan penyakit busuk rimpang pada jahe (Amalia et al., 2004; Soesanto et al., 2005), penyakit hawar pelepah daun pada padi (Susilo et al., 2005; Waluyo et al., 2005), penyakit busuk rimpang pada kencur (Prabowo et al., 2006), penyakit layu fusarium pada cabai (Maqqon et al., 2006), penyakit moler pada bawang merah (Santoso et al., 2007), dan penyakit layu fusarium pada subang gladiol (Wardhana et al., 2009). Selain itu, studi fisiologi terhadap beberapa isolat *T. harzianum* T10 sudah dilakukan (Soesanto et al., 2011). *T. harzianum* T10 diketahui pula mampu meningkatkan kandungan glikosida, tanin, dan saponin pada tanaman pisang. Penyuntikan dan perendaman supernatan *T. harzianum* T10 juga mampu meningkatkan ketahanan biokimia tanaman pisang terhadap penyakit layu fusarium (Soesanto dan Rahayuniati, 2009).

Tuntutan akan cara pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan, aman dan murah telah mendorong dituntaskannya kajian terhadap *T. harzianum* T10 menjadi biofungisida, yang rencana dinamai Bio-T10. Sampai saat ini keberadaan biofungisida di lapangan masih terbatas baik dalam jumlah, jenis, maupun kemampuannya. Kemudahan di dalam penyiapan, penyimpanan, pemformulaan, dan pengaplikasian terhadap penyakit tanaman sangat dibutuhkan, sehingga diharapkan biofungisida tersebut akan lebih efektif, efisien, murah, dan mudah. Pemformulaan dengan bahan yang murah diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut.

Penggunaan air cucian beras merupakan terobosan penting dalam menjawab tuntutan masyarakat. Hal ini didukung oleh ketersediaannya yang terus menerus, karena setiap hari masyarakat selalu menanak nasi, serta tidak dimanfaatkan lagi air cucian beras tersebut. Pemanfaatan air cucian beras sebagai bahan pemformula jamur antagonis dapat memanfaatkan limbah terbuang. Akan tetapi, kendala yang dihadapi adalah mendapatkan air cucian beras yang homogen komposisinya. Selain itu, kendala lain adalah produksi massal atau untuk skala industri, sangat sukar mendapatkan air cucian beras dalam jumlah besar dan dengan kualitas yang sama.

Oleh sebab itu, bahan formula lain diperlukan untuk skala industri besar untuk menggantikan air cucian beras. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan beragam tepung, ditemukan bahan pengganti air cucian beras, yaitu tepung beras.

Uraian Singkat Invensi

Invensi ini berkaitan dengan suatu biofungisida untuk mengendalikan penyakit tanaman berbasis jamur antagonis *T. harzianum* T10 dengan kepadatan 10^8 konidium/ml tanaman, dengan bahan pembawa tepung beras 10 g/l dan gula pasir 10 g/l. Biofungisida ini sudah diaplikasikan untuk beberapa tanaman dipilih yaitu jahe, kencur, padi, cabai, bunga gladiol, pisang, kentang, bawang merah, kacang tanah, tomat, lada perdu, dan kakao. Pada tanaman tersebut, ditemukan beberapa penyakit tanaman yang merugikan dan menyebabkan penurunan hasil. Penyakit tanaman yang dipilih yaitu penyakit busuk kering rimpang jahe karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi*, penyakit layu fusarium cabai karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*, penyakit layu fusarium bunga gladiol karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *gladioli*, penyakit layu Panama pisang karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, penyakit layu fusarium bawang merah karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *allii*, penyakit

busuk pangkal batang kacang tanah karena *Sclerotium rolfsii*, penyakit bercak daun kacang tanah karena *Cercospora arachidicola*, penyakit puru akar tomat karena *Meloidogyne* sp., penyakit kuning lada perdu karena *Fusarium oxysporum*, penyakit pembuluh (*Vascular Streak Dieback*) kakao karena *Oncobasidium theobromae*, penyakit layu kentang karena *Fusarium oxysporum*, penyakit busuk kering rimpang kencur karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi*, dan penyakit hawar pelepah daun padi karena *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*.

10 Tujuan invensi ini adalah untuk mendapatkan formula biofungisida yang murah, mudah, praktis, serta aman dan ramah lingkungan dalam mengendalikan penyakit tanaman, baik pada tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan, dan dapat diproduksi massal skala industri.

15

Uraian Singkat Gambar

Gambar 1 adalah alur proses pembuatan biofungisida sesuai invensi ini.

20 Uraian Lengkap Invensi

Jamur antagonis *T. harzianum* telah dikenal luas dan efektif mengendalikan penyakit tanaman, khususnya karena jamur patogen tular-tanah. Kemampuannya tersebut berpeluang untuk dikembangkan menjadi biofungisida, khususnya terhadap beberapa isolat terpilih yang sudah diuji. Oleh karena itu, perlu dilakukan serangkaian kegiatan penelitian.

25 Penelitian telah dilakukan terhadap potensi biofungisida berbasis *T. harzianum*. Penelitian dengan menggunakan jamur antagonis *T. harzianum* telah dilakukan sejak 2002, dengan ditemukannya isolat jahe (T10) yang mampu mengendalikan penyakit karena jamur tular-tanah (Soesanto et al., 2005). Penelitian yang dilakukan meliputi penelitian *in vitro*, *in planta*, dan *in vivo*, baik lokal maupun multi-lokasi, multi-patogen, dan multi-tanaman. Beberapa penelitian *T. harzianum*

30

T10 yang telah dilakukan antara lain penekanan penyakit busuk rimpang pada jahe (Amalia et al., 2004; Soesanto et al., 2005), penyakit hawar pelepah daun pada padi (Susilo et al., 2005; Waluyo et al., 2005), penyakit busuk rimpang pada kencur (Prabowo et al., 2006), penyakit layu fusarium pada cabai (Maqqon et al., 2006), penyakit moler pada bawang merah (Santoso et al., 2007), dan penyakit layu fusarium pada subang gladiol (Wardhana et al., 2009). Selain itu, studi fisiologi terhadap beberapa isolat *T. harzianum* sudah dilakukan (Soesanto et al., 2011), begitu pula kajian terhadap karakter biokimianya (Sulistiyono, 2014). *T. harzianum* diketahui pula mampu meningkatkan kandungan glikosida, tanin, dan saponin pada tanaman pisang. Penyuntikan dan perendaman supernatan *T. harzianum* T10 juga mampu meningkatkan ketahanan biokimia tanaman pisang terhadap penyakit layu fusarium (Soesanto dan Rahayuniati, 2009).

Pada tahun pertama, telah dilakukan pengujian kemampuan *T. harzianum* dalam mengendalikan patogen tanaman secara *in vitro* (jamur patogen, bakteri patogen dan nematoda parasit tanaman). Melalui penelitian ini telah diketahui bahwa masing-masing isolat *T. harzianum* mempunyai daya hambat yang berbeda terhadap masing-masing patogen tanaman. Daya hambat terbaik ditunjukkan oleh jamur antagonis *T. harzianum* isolat nenas (T14) pada jamur patogen *Fusarium*, sedangkan isolat pisang memberikan penghambatan terbaik pada patogen *Colletotrichum* dan *Phytophthora*, dan isolat bawang merah terbaik daya hambatnya terhadap jamur patogen *Sclerotium*.

Penghambatan *T. harzianum* T10 terhadap jamur patogen berkisar antara 29,53-64,44%, sedangkan untuk nematoda patogen antara 76,34-200,0%. *T. harzianum* tidak berpengaruh terhadap bakteri patogen. Apabila dilihat rerata berat kering masing-masing jamur patogen, penurunan berat kering karena *T. harzianum* T10 pada semua jamur patogen, yaitu sebesar 39,7, 84,9, 83,3, dan 85,4% masing-masing untuk jamur *Fusarium*,

Colletotrichum, *Phytophthora*, dan *Sclerotium*, dibandingkan dengan isolat *T. harzianum* lainnya. Penurunan tertinggi berat kering karena *T. harzianum* T10 terjadi pada jamur *Sclerotium*.

Studi mekanisme antagonis dan sifat biokimia dari *T. harzianum* menunjukkan bahwa semua isolat *T. harzianum* menghasilkan senyawa non-volatil dan enzim protease, serta dapat berfungsi sebagai pendekompos bahan organik. *T. harzianum* isolat bawang merah menunjukkan C/N rasio tertinggi pada kotoran sapi, atau terjadi peningkatan 11,7% dan mampu menaikkan pH dari 6,63 menjadi 7,47. Pada kotoran ayam, *T. harzianum* semua isolat mampu menaikkan C/N rasio dan pH. Sebaliknya, semua isolat *T. harzianum* menurunkan pH dan C/N rasio pada limbah tanaman. Berdasarkan hasil pengamatan diameter pertumbuhan masing-masing isolat, *T. harzianum* dapat tumbuh pada suhu 15, 20, 25, 30, dan 35°C. Selain itu, keempat isolat *T. harzianum* juga dapat tumbuh pada pH 4, 5, 6, 7 dan 8 dengan variasi warna koloni dan besarnya diameter pertumbuhan.

Berdasarkan hasil pengamatan isolat *T. harzianum* T10 menghasilkan enzim protease karena terbentuknya zona jernih pada medium proteolisis agar. Jumlah enzim protease yang dihasilkan oleh *T. harzianum* T10 adalah 12,9515 U/mL. Selain dapat menghasilkan enzim protease, *T. harzianum* juga mampu menghasilkan enzim 1,3- β -glukanase. *T. harzianum* T10 mempunyai aktivitas enzim 1,3- β -glukanase sebesar 10,252 U/mL. Hasil pengamatan pada medium selulolisis agar, isolat *T. harzianum* menghasilkan enzim selulase dengan terbentuk zona jernih. Aktivitas enzim selulase dari isolat *T. harzianum* T10 sebesar 5,6343 U/mL. Uji enzim kitinase secara kualitatif dilakukan dengan menggunakan medium kitinase agar. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa isolat *T. harzianum* mampu menghasilkan enzim kitinase T10 sebesar 0,182 U/mL. Pengujian enzim kitinase penelitian ini menggunakan pH optimum kitinase yaitu pH 6. Berdasarkan hasil pengujian senyawa antibiotika *volatile* (menguap), isolat *T. harzianum* mampu menghambat pertumbuhan

Fusarium oxysporum. Banyaknya hormon IAA pada isolat *T. harzianum* T10 yaitu 6,0265 mg/L/jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selain mampu menghasilkan hormon IAA, isolat *T. harzianum* T10 dapat menghasilkan gibberelin dan sitokinin.

5 Pengujian dilakukan dengan menggunakan teknik kromatografi lapis tipis (KLT). Berdasarkan hasil uji dengan medium *Picovskaya*, isolat *T. harzianum* T10 tidak menghasilkan enzim pelarut fosfat secara kualitatif. Hal ini terbukti dengan tidak terbentuknya zona jernih pada medium *Picovskaya*. Hasil

10 serapan logam Fe menunjukkan bahwa *T. harzianum* T10 mampu menyerap logam Fe paling banyak sebesar 39,33 mg/L, yang diikuti *T. harzianum* T16 sebesar 30,3167 mg/L, dan *T. harzianum* T14 sebesar 28,5833 mg/L. Hasil serapan logam Zn dari oleh *T. harzianum* T10 sebesar 43,17 mg/L. Serapan logam

15 Mn dari *T. harzianum* T10 yaitu 29,33 mg/L.

Pengujian kesesuaian (kompatibilitas) antar-isolat dan antar-species *T. harzianum* menunjukkan bahwa semua isolat *T. harzianum* T10 tidak menunjukkan penghambatan atau dikatakan sesuai dengan *T. harzianum* isolat lainnya. Hal ini ditunjukkan

20 dengan pertumbuhan yang baik ke semua arah termasuk ke semua isolat, tanpa adanya penghambatan pertumbuhan antar-isolat. Keadaan ini membuktikan bahwa antar-isolat *T. harzianum* dapat dicampur atau digabung dengan tanpa ada pengaruh negatif yang ditimbulkannya.

Pengujian kesesuaian *T. harzianum* antagonis dengan pestisida sintesis memperlihatkan bahwa isolat *T. harzianum* T10 terhambat pertumbuhan dan perkembangannya oleh fungisida dan insektisida, sedangkan bakterisida dan nematisida tidak berpengaruh. Kondisi menunjukkan bahwa dalam aplikasinya,

30 jamur antagonis *T. harzianum* tidak disarankan dicampur dengan bahan kimia sintesis. Penghambatan pertumbuhan semua isolat *T. harzianum* tertinggi dijumpai pada pestisida prefenofos dengan kisaran 74,10-80,38%, sementara fungisida mankozeb dan propineb menghambat pertumbuhan jamur antagonis dengan kisaran

masing-masing 29,81-43,18% dan 27,27-33,21%. Penghambatan pertumbuhan terendah diperlihatkan oleh bakterisida (oksitetrasiclin dan streptomisin sulfat atau agrimisin), yaitu dengan kisaran antara 0,38-4,55%. Berdasarkan jenis isolat, *T. harzianum* T10 merupakan isolat yang paling peka terhadap pestisida prefenofos dibandingkan terhadap isolat lainnya, dan perbedaan pertumbuhan isolat tersebut akibat prefenofos dan mankozeb masing-masing adalah 47,4 dan 65,7%.

Pengujian kemampuan bioremediasi *T. harzianum* pada beberapa limbah industri. Jamur antagonis *T. harzianum* mempunyai kemampuan menyehatkan tanah yang tercemar limbah industri, khususnya limbah batik, limbah cair tahu, dan limbah minyak pelumas. Pada limbah tapioka atau onggok, keempat isolat *T. harzianum* tidak mampu tumbuh pada onggok, yang ditandai oleh penurunan biomassa akhir. Rerata penurunan sianida tertinggi berasal oleh aktivitas *T. harzianum* T14, yaitu sebesar 68,73%. Pada limbah batik, keempat isolat *T. harzianum* mampu mendekompos limbah cair batik. Isolat *T. harzianum* terbaik adalah T16, dengan rerata persentase pengawa-warnaan (*decolorization*) dan bobot kering miselium tertinggi masing-masing sebesar 53,50% dan 1,74 g. Pada limbah cair tahu, keempat isolat *T. harzianum* dapat menurunkan BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Penurunan tertinggi ditunjukkan oleh *T. harzianum* T10, yaitu masing-masing sebesar 33,96 dan 56,34% dengan rerata pertambahan berat basah miselium sebesar 0,894 g.

Terhadap limbah minyak pelumas, keempat isolat *T. harzianum* mampu tumbuh pada medium mengandung limbah minyak pelumas dengan menghasilkan biomassa miselium kering. Jamur antagonis *T. harzianum* juga mampu menurunkan dan menaikkan pH medium yang mengandung limbah tersebut. *T. harzianum* T10 mampu meningkatkan pH menjadi 6,7-6,8; sedangkan isolat lainnya menurunkan pH, meskipun masih dalam kisaran pH 6,2-6,8. Penurunan kadar minyak pelumas disebabkan oleh kemampuan

keempat isolat *T. harzianum* menghasilkan senyawa biosurfaktan, yang ditunjukkan dengan adanya zona jernih pada medium tersebut. Penurunan kadar minyak pelumas tertinggi ditunjukkan oleh *T. harzianum* T10 sebesar 36,68% dan terendah pada isolat pisang sebesar 23,58%.

Pertumbuhan dan perkembangan jamur antagonis *T. harzianum* diamati pada medium padat organik yaitu kotoran sapi dan kotoran ayam serta orok-orok dan limbah kekacangan, serta pada medium cair organik adalah limbah cair tahu, air cucian beras, limbah air kelapa, dan limbah cair tapioka. Penggunaan substrat organik, baik padat maupun cair, ini ditujukan untuk ke arah pemformulaannya dan aplikasinya di lapangan. Substrat organik yang digunakan adalah berasal dari limbah pertanian, sehingga diharapkan akan memberi kemudahan dan kemurahan soal harga, selain dapat mengurangi pengaruh negatif limbah tersebut ke lingkungan.

Pada tahun kedua, dilakukan kajian penentuan substrat terbaik untuk pertumbuhan dan perbanyakkan *T. harzianum*, uji kemempunan *T. harzianum in planta* pada tanaman pangan, hortikultura, dan pembibitan tanaman perkebunan, studi pembuatan formula yang meliputi formula padat organik dan formula cair organik, dan uji kemempunan formula untuk mengendalikan patogen tanaman di rumah kaca. Hasil penelitian ini telah ditemukannya substrat terbaik, yaitu air cucian beras yang dicampur air kelapa tua dan gula pasir.

Substrat terbaik untuk pertumbuhan dan perkembangan pada medium cair organik untuk isolat *T. harzianum* T10 antara lain adalah air cucian beras. Pertumbuhan keempat isolat *T. harzianum* T10 di dalam substrat air cucian beras juga menunjukkan kenaikan kepadatan konidium, dari $2,65 \times 10^6$ menjadi $7,40 \times 10^7$ konidium/mL atau terjadi peningkatan masing-masing sebesar 96,42. Kemampuan tumbuh keempat isolat *T. harzianum* dalam medium air cucian beras disebabkan oleh kemampuannya menghasilkan enzim selulase (Sulistiyono, 2014).

Enzim selulase adalah enzim yang menghidrolisis senyawa selulosa menjadi glukosa (Saraswati dan Yuniarti, 2007).

Kemampuan masing-masing isolat *T. harzianum* terhadap penyakit pada tanaman uji tidak sama. Penekanan perkembangan penyakit busuk pangkal batang dan bercak daun pada tanaman kacang tanah terbaik dengan *T. harzianum* T10; terhadap penyakit puru akar tanaman tomat, penekanan terbaik dari *T. harzianum* isolat gabungan keempatnya, dan terhadap penyakit layu *Fusarium* pada tanaman lada perdu, perlakuan terbaik adalah isolat bawang merah tunggal atau gabungan dengan ketiga isolat lainnya.

Metabolit sekunder *T. harzianum* T10 menunjukkan daya hambat tertinggi terhadap penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kacang tanah, yang berbeda dengan kontrol dan fungisida berbahan aktif propineb 70% masing-masing sebesar 46,67 dan 33,33%. Intensitas penyakit busuk pangkal batang paling rendah kedua adalah gabungan *T. harzianum* T10 dan T14 serta gabungan *T. harzianum* T14, T16, dan T213 masing-masing sebesar 62,30% atau berbeda dengan kontrol masing-masing sebesar 33,55%.

Perlakuan metabolit sekunder yang mampu menekan perkembangan penyakit bercak *Cercospora* pada kacang tanah, yaitu *T. harzianum* T10, *T. harzianum* T213, gabungan *T. harzianum* T10 dan T14, gabungan *T. harzianum* T10 dan T16, gabungan *T. harzianum* T14 dan T16, gabungan *T. harzianum* T14 dan T213, gabungan *T. harzianum* T16 dan T213, gabungan *T. harzianum* T10, T14, dan T16, gabungan *T. harzianum* T10, T14, dan T213, dan gabungan *T. harzianum* T10, T14, T16, dan T213 jika dibandingkan dengan kontrol, masing-masing sebesar 16,67.

Aplikasi isolat *T. harzianum* secara kombinasi mampu menekan tingkat kerusakan akar karena serangan nematoda puru akar, jika dibandingkan kontrol dan nematisida, serta dibandingkan dengan perlakuan lain, yaitu gabungan *T. harzianum* T10, T14, T16, dan T213 sebesar 7,41%.

Aplikasi *T. harzianum* T10 mampu mengendalikan penyakit layu Fusarium pada tanaman lada perdu, jika dibandingkan kontrol. Jamur antagonis *T. harzianum* T213, gabungan *T. harzianum* T16 dan T213, gabungan *T. harzianum* T10, T14, dan T213, serta gabungan *T. harzianum* T14, T16, dan T213 merupakan perlakuan terbaik dalam mengendalikan penyakit layu Fusarium sampai sebesar 100%. Bahkan semua perlakuan gabungan dua atau tiga atau empat isolat *T. harzianum* mampu menurunkan intensitas penyakit layu Fusarium pada tanaman lada perdu, bila dibandingkan dengan kontrol. Aplikasi metabolit sekunder dari gabungan dua isolat *T. harzianum* menunjukkan kemampuan menurunkan kepadatan patogen *F. oxysporum* pada tanaman lada perdu, yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tunggalnya.

Aplikasi *T. harzianum* di lapangan perlu dipermudah dengan memformula menggunakan bahan organik. Dasar dari pemilihan bahan organik ini adalah kemampuan bahan sebagai media tumbuh dan berkembangnya *T. harzianum*. Pembuatan formula untuk jamur antagonis *T. harzianum* T10 yaitu 10 g/l tepung beras dan 10 g/l gula pasir. Campuran bahan direbus sampai mendidih. Cairan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam jerigen bersih dan steril, lalu ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi. Jerigen kemudian didinginkan dengan merendam dalam air dingin, dan setelah dingin, biakan jamur *T. harzianum* 10 dalam medium jagung pecah sebanyak 50 g per liter larutan dimasukkan secara aseptis. Jerigen dikocok selama 7-10 hari atau makin banyak dan makin lama dikocok makin baik.

Jadi di dalam rangka perakitan biofungisida tersebut, dilakukan serangkaian kegiatan penelitian secara bertahap selama 3 (tiga) tahun. Pada tahun pertama, telah dilakukan 1). Pengujian kemampuan *T. harzianum* dalam mengendalikan patogen tanaman secara *in vitro* (jamur patogen, bakteri patogen dan nematoda parasit tanaman), 2). Studi mekanisme antagonis dan sifat biokimia dari *T. harzianum*, 3). Pengujian kesesuaian

(kompatibilitas) antar-isolat dan antar-species *T. harzianum*, 4). Pengujian kesesuaian *T. harzianum* antagonis dengan pestisida sintetis, 5). Kemampuan bioremediasi *T. harzianum* pada beberapa limbah industri. Pada tahun kedua, dilakukan 5 kajian penentuan substrat terbaik untuk pertumbuhan dan perbanyakan *T. harzianum*, uji kemempnan *T. harzianum in planta* pada tanaman pangan, hortikultura, dan pembibitan tanaman perkebunan, studi pembuatan formula yang meliputi formula padat organik dan formula cair organik, dan uji 10 kemempnan formula untuk mengendalikan patogen tanaman di rumah kaca. Hasil penelitian ini telah ditemukannya substrat terbaik, yaitu tepung beras gula pasir.

Uraian Lengkap Gambar

15 Gambar 1 menunjukkan diagram alir pembuatan formula cair organik biopestisida berbasis *T. harzianum*, dengan menggunakan bahan tepung beras dan gula pasir.

Klaim

1. Suatu biofungisida untuk mengendalikan penyakit tanaman berbasis *Trichoderma harzianum* T10 dengan kepadatan 10^8 konidium/ml tanaman, dengan bahan pembawa tepung beras 10 g/l dan gula pasir 10 g/l.
2. Suatu biofungisida sesuai klaim 1, di mana tanaman dapat dipilih yaitu jahe, kencur, padi, cabai, bunga gladiol, pisang, kentang, bawang merah, kacang tanah, tomat, lada perdu, dan kakao.
3. Suatu biofungisida sesuai klaim 1, di mana penyakit tanaman yang dipilih yaitu penyakit busuk kering rimpang jahe karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi*, penyakit layu fusarium cabai karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*, penyakit layu fusarium bunga gladiol karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *gladioli*, penyakit layu Panama pisang karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, penyakit layu fusarium bawang merah karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *allii*, penyakit busuk pangkal batang kacang tanah karena *Sclerotium rolfsii*, penyakit bercak daun kacang tanah karena *Cercospora arachidicola*, penyakit puru akar tomat karena *Meloidogyne* sp., penyakit kuning lada perdu karena *Fusarium oxysporum*, penyakit pembuluh (*Vascular Streak Dieback*) kakao karena *Oncobasidium theobromae*, penyakit layu kentang karena *Fusarium oxysporum*, penyakit busuk kering rimpang kencur karena *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi*, dan penyakit hawar pelepah daun padi karena *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*.

Penemu:

1. Prof. Ir. Loekas Soesanto, M.S., Ph.D.
2. Endang Mugiastuti, S.P., M.P.
3. Ruth Feti Rahayuniati, S.P., M.P.

Abstrak**BIOFUNGISIDA BERBASIS *TRICHODERMA HARZIANUM* T10**

Biofungisida berbasis jamur antagonis *Trichoderma*
5 *harzianum* T10 dengan kepadatan 10^8 konidium/ml dan dengan bahan
pembawa tepung beras 10 g/l dan gula pasir 10 g/l, berpotensi
dikembangkan dalam skala industri untuk mengendalikan beragam
penyakit tanaman, baik pada tanaman pangan, hortikultura,
maupun perkebunan. Biofungisida ini mudah, murah, dan praktis
10 dibuat, serta aman dan ramah lingkungan. Formula tepung beras
mempunyai beberapa kelebihan, selain komposisinya terjamin
seragam, juga tepung beras mudah diperoleh untuk skala besar
di semua tempat. Biofungisida ini dapat diaplikasikan dengan
beragam cara.