

Perlakuan Benih dengan Pestisida, Bubur Bordo dan Agens Hayati untuk Penekanan Penyakit Terbawa Rimpang Jahe

Seed Treatment with Pesticide, Bordeaux Mixture and Biological Agent for Ginger Rhizome-Borne Disease Suppression

Sri Rahayuningsih dan Setyowati Retno Djiwanti*
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor 16111

ABSTRAK

Penyakit puru akar yang disebabkan oleh nematoda dan busuk rimpang karena infeksi berbagai patogen banyak dijumpai pada rimpang jahe. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh beberapa perlakuan benih terhadap penekanan kerusakan rimpang yang disebabkan oleh penyakit tersebut. Penelitian disusun menggunakan rancangan acak kelompok dengan 7 perlakuan rimpang, masing-masing diulang sebanyak 4 kali. Perlakuan rimpang jahe sebelum tanam terdiri atas perendaman dalam pestisida 1.5% (campuran streptomisin sulfat dan benomil), bubur Bordo (1% dan 2%), rizobakteri 10% (*Bacillus pantotkenticus* dan *Trichoderma lactae*) selama 24 jam; serta pelapisan dengan tepung karbosulfan ST (500 g untuk 4 kg rimpang) dan formula talk *Fusarium* non-patogenik (NP) (500 g untuk 4 kg rimpang). Rimpang jahe yang sudah diberi perlakuan ditanam pada medium tanam steril yang terdiri atas campuran tanah dan bubur Bordo 1% dan diamati sampai tanaman berumur 5 bulan. Perendaman rimpang dalam larutan pestisida dan formula rizobakteri, serta pelapisan rimpang dengan tepung karbosulfan ST dan formula *Fusarium* NP dapat menekan puru nematoda *Meloidogyne* dan busuk rimpang, serta umumnya menghasilkan viabilitas benih dan bobot segar dan atau bobot kering rimpang yang lebih baik. Kecuali bubur Bordo, empat perlakuan benih tersebut dapat dikembangkan untuk usaha penyediaan benih rimpang jahe sehat bermutu.

Kata kunci: *Bacillus pantotkenticus*, *Fusarium*, nematoda puru akar, patogen busuk rimpang, *Trichoderma lactae*

ABSTRACT

Root knot caused by nematodes and rhizome rot due to infection by various pathogens is commonly found in ginger rhizomes. A study was conducted to evaluate the effect of several seed treatments on suppression of rhizome damage caused by these diseases. The experiment was arranged using a randomized block design with 7 rhizome treatments, each repeated 4 times. Ginger rhizome were given treatment before planting, i.e. soaking in 1.5% pesticides (a mixture of streptomycin sulfate and benomyl), Bordeaux mixture (1% and 2%), 10% rhizobacteria (*Bacillus pantotkenticus* and *Trichoderma lactae*) for 24 hours; and coating with carbosulfan ST flour (500 g for 4 kg rhizomes) and non-pathogenic *Fusarium* (NP) talc formula (500 g for 4 kg rhizomes). Ginger rhizomes were than planted in sterile planting medium consisting of a mixture of 1% Bordeaux mixture and soil; and observed until the plants reach 5 months old. Soaking the rhizomes in a solution of pesticides and rhizobacterial formulas, as well as coating the rhizomes with carbosulfan ST flour and *Fusarium* NP formulas could suppress root knot and rhizome rot; Those seed treatments also enhanced seed viability and plant growth (plant fresh weight and or rhizome dry weight). With the exception of Bordeaux mixture, these four seed treatments can be further used in the production of qualified and healthy ginger rhizome seed.

Keywords: *Bacillus pantotkenticus*, *Fusarium*, rhizome rot pathogen, root knot nematode, *Trichoderma lactae*

*Alamat penulis korespondensi: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
Jalan Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111.
Tel: 0251-321879, Faks: 0251-327010, Surel: retnomuslim@yahoo.com

PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah satu komoditas tanaman rempah dan obat penting. Jahe digunakan sebagai bahan baku lebih dari 40 produk obat tradisional (Balitbangtan 2009). Usaha pengembangan jahe menghadapi kendala gangguan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) seperti bakteri layu *Ralstonia solanacearum* (Asman *et al.* 1991), nematoda buncak/puru akar *Meloidogyne* spp. (Djiwanti *et al.* 2019), dan cendawan *Fusarium* sp., *Pythium* spp., serta *Rhizoctonia* sp. (Soesanto *et al.* 2003). Infeksi nematoda dapat menurunkan ketahanan tanaman jahe terhadap serangan bakteri layu dan cendawan busuk rimpang (Mustika dan Nurawan 1992; Rai 2006).

Upaya penyediaan benih jahe bermutu masih dibatasi oleh tingginya kontaminasi OPT tular benih. Kesehatan rimpang merupakan salah satu faktor penting dalam budi daya dan produksi jahe. Penelitian ini bertujuan menentukan kemampuan beberapa perlakuan rimpang jahe menggunakan pestisida, bubuk Bordo, dan formula rizobakteri/mikroba endofit untuk menekan kerusakan oleh nematoda puru akar *Meloidogyne* spp. dan patogen busuk rimpang.

BAHAN DAN METODE

Bahan tanam yang digunakan berupa rimpang-rimpang jahe putih besar berumur 7–8 bulan yang diambil dari daerah yang endemik terserang nematoda. Rimpang jahe tersebut dipotong-potong seberat 30–40 g dengan 2 mata tunas potensi (Rostiana *et al.* 2007). Potongan rimpang jahe selanjutnya ditanam pada medium tanam dalam pot plastik berkapasitas \pm 10 kg, yang telah disiapkan sebelumnya.

Sebelum ditanam, potongan rimpang jahe tersebut diberi perlakuan seperti pada Tabel 1. Potongan rimpang jahe yang sudah diberi perlakuan ditanam pada pot plastik. Pada penelitian ini tidak dilakukan inokulasi buatan menggunakan telur maupun larva nematoda karena bahan tanaman yang digunakan telah terinfestasi nematoda secara alami. Selanjutnya, pot plastik diletakkan di kebun percobaan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) Cimanggu, Bogor.

Medium tanam yang digunakan pada penelitian ini merupakan campuran tanah, pasir, dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1:1 yang disiapkan dengan cara disterilisasi dengan menyiramkan larutan bubuk bordo 1%

Tabel 1 Jenis perlakuan benih, konsentrasi/dosis, dan metode aplikasi perlakuan benih

Perlakuan benih	Konsentrasi/Dosis	Metode aplikasi
Tanpa perlakuan	-	Tanpa perlakuan benih
Larutan pestisida	Larutan campuran antibiotik streptomisin sulfat dan fungisida benomil (1.5 g L ⁻¹)	Rimpang direndam dalam larutan pestisida selama 24 jam sebelum tanam
Tepung karbosulfan ST	500 g untuk 100 benih rimpang (bobot rimpang rata-rata 40 g)	Rimpang dilapisi dengan tepung karbosulfan ST
Bubur Bordo 2%	Larutan campuran terusi:kapur tohor:air = 2:2:10	Rimpang direndam dalam larutan bubuk bordo 2% selama 24 jam sebelum tanam
Bubur Bordo 1%	Larutan campuran terusi:kapur tohor:air = 1:1:10	Rimpang direndam dalam larutan bubuk bordo 1% selama 24 jam sebelum tanam
Formula Rizobakteri	Larutan 1.0% formula molas rizobakteri (<i>Bacillus pantothenicus</i> J2 dan <i>Trichoderma lactae</i> TB1) (2-3 x 10 ⁸ cfu mL ⁻¹)	Rimpang direndam dalam larutan molas rizobakteri selama 24 jam sebelum tanam
Formula "talk" <i>Fusarium</i> NP (non patogenik)	500 g formula "talk" <i>Fusarium</i> NP (2 x 10 ⁸ cfu.g ⁻¹) untuk melapisi 100 benih rimpang	Rimpang dilapisi pasta formula talk <i>Fusarium</i> NP (500 g tepung formula untuk 100 benih rimpang)

sebanyak 200 mL untuk tiap pot, dan didiamkan selama 6 minggu untuk menghindari pengaruh bubuk bordo pada tanaman saat digunakan sebagai medium tanam.

Peubah yang diamati ialah insidensi penyakit busuk rimpang dan infeksi nematoda puru akar (*M. incognita*), serta gejala fitotoksik pada tanaman. Insidensi penyakit busuk rimpang dan puru akar (*M. incognita*) dihitung menggunakan rumus:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

IP, insidensi penyakit busuk dan puru akar; n, jumlah cabang rimpang jahe bergejala busuk dan puru; dan N, jumlah cabang rimpang jahe yg diamati.

Persentase penekanan insidensi busuk (busuk basah oleh bakteri maupun busuk kering oleh cendawan/nematoda) dan puru akar rimpang jahe dihitung menggunakan rumus:

$$PP = \frac{K-P}{P} \times 100\%, \text{ dengan}$$

PP, persentase penekanan; K, rata-rata insidensi busuk dan puru pada rimpang kontrol; P, rata-rata busuk dan puru pada rimpang yang diberi perlakuan.

Gejala fitotoksik diamati berupa ada tidaknya gejala menguning pada tanaman atau gejala penghambatan viabilitas benih dan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, bobot segar tanaman, dan bobot kering rimpang) (Dadang *et al.* 2009; Djiwanti *et al.* 2019).

Pengaruh perlakuan terhadap viabilitas benih dihitung berdasarkan persentase tanaman yang tumbuh pada umur 2 bulan setelah tanam. Tinggi tanaman diukur saat tanaman berumur 2 bulan setelah tanam dan bobot segar serta bobot kering rimpang jahe diukur saat panen (5 bulan setelah tanam). Bobot kering rimpang ialah bobot rimpang setelah dikeringanginkan pada suhu ruangan selama 2 bulan.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Percobaan ini disusun dalam rancangan acak kelompok dengan faktor tunggal, yaitu 6 jenis perlakuan benih. Perlakuan diulang sebanyak 4 kali, dan setiap ulangan terdiri dari 10 tanaman. Analisis data dilakukan menggunakan Anova dan perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan DMRT pada taraf 5%. Perlakuan benih dikatakan efektif apabila perlakuan benih yang diujikan dapat menekan insidensi busuk rimpang dan puru pada rimpang, tetapi tidak menyebabkan penekanan viabilitas benih dan pertumbuhan tanaman.

HASIL

Insidensi puru akar dan busuk rimpang jahe dengan perlakuan benih nyata lebih rendah dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Perlakuan pada rimpang jahe dapat menekan gejala puru sebesar 60.89%–89.20%, dan busuk rimpang sebesar 41.94%–100% (Tabel 2).

Tabel 2 Insidensi puru akar dan busuk pada rimpang berdasarkan perlakuan benih rimpang sebelum tanam

Perlakuan benih	Insidensi puru pada rimpang* (%)	Penekanan Insidensi puru** (%)	Insidensi busuk pada rimpang* (%)	Penekanan Insidensi busuk** (%)
Tanpa Perlakuan	36.77 a	0.00	44.12 a	0.00
Larutan Pesticida	11.19 cd	69.57	1.85 d	95.81
Tepung karbosulfan ST	7.51 cd	79.58	0.00 d	100.00
Bubur Bordo 2%	3.97 d	89.20	19.50 bcd	55.81
Bubur Bordo 1%	8.65 cd	76.47	8.17 cd	81.47
Formula rizobakteri 1%	14.38 bc	60.89	6.91 cd	84.33
Formula "talk" <i>Fusarium</i> NP	10.19 cd	72.27	25.62 abc	41.94

*Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

**Penekanan gejala puru (%) merupakan nilai pengurangan insidensi puru/ busuk pada rimpang tanpa perlakuan terhadap insidensi puru/ busuk pada rimpang perlakuan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan benih yang diuji umumnya mempertahankan dan meningkatkan viabilitas benih. Walaupun tidak berbeda nyata, viabilitas benih pada perlakuan benih larutan pestisida tepung carbosulfan ST, bubuk Bordo 1%, formula rizobakteri, formula talk *Fusarium* NP, lebih baik dibandingkan dengan tanpa perlakuan (Tabel 3).

Perlakuan benih tepung carbosulfan ST, formula rizobakteri, formula talk *Fusarium* NP, dan perlakuan benih larutan pestisida tidak menyebabkan penghambatan tinggi, dan atau bobot segar, dan atau bobot kering tanaman; sedangkan perlakuan benih dengan Bubur Bordo (BB 2% dan 1%) menyebabkan penekanan pertumbuhan tanaman. Perlakuan benih Bubur Bordo (BB 2% dan 1%) menekan secara nyata tinggi tanaman, bobot segar tanaman, dan bobot kering rimpang (Tabel 4).

Tabel 3 Tingkat viabilitas benih jahe dua bulan setelah tanam berdasarkan jenis perlakuan benih sebelum tanam

Perlakuan benih	Daya tumbuh (%)*
Tanpa Perlakuan	82.5 a
Larutan Pestisida	97.5 a
Tepung karbosulfan ST	87.5 a
Bubur Bordo 2%	82.5 a
Bubur Bordo 1%	92.5 a
Formula rizobakteri	100.0 a
Formula talk <i>Fusarium</i> NP	97.5 a

*Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Tabel 4 Pertumbuhan tanaman jahe berdasarkan jenis perlakuan benih pada 5 bulan setelah tanam

Perlakuan benih	Tinggi tanaman (cm)	Bobot segar tanaman ^a (g)	Bobot kering rimpang ^a (g)
Tanpa perlakuan	47.50 a	96.82 ab	27.25 ab
Larutan Pestisida	40.69 a	103.58 a	23.55 ab
Tepung karbosulfan ST	48.67 a	109.50 a	32.94 a
Bubur Bordo 2%	26.41 b	52.73 c	20.96 ab
Bubur Bordo 1%	22.67 b	51.73 c	8.98 c
Formula molas rizobakteri	49.85 a	139.37 a	42.37 a
Formula talk <i>Fusarium</i> NP	52.49 a	97.00 ab	32.64 a

Keterangan: Data merupakan nilai rata-rata dari 40 tanaman uji untuk setiap jenis perlakuan benih.

^aAngka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

PEMBAHASAN

Dalam pengendalian OPT, aplikasi pestisida kadang-kadang menyebabkan keracunan pada tanaman, seperti menguningnya daun atau terhambatnya pertumbuhan (Dadang *et al.* 2009; Djiwanti *et al.* 2019). Aplikasi pestisida dinilai efektif jika dapat menekan infeksi OPT tetapi tidak bersifat fitotoksik.

Perlakuan rimpang jahe dengan perendaman formula rizobakteri (*B. pantothenicus* dan *T. lactae*) dan pelapisan tepung carbosulfan ST, serta formula talk *Fusarium* NP dapat menekan gejala puru dan busuk rimpang secara signifikan, selain meningkatkan viabilitas benih dan pertumbuhan tanaman. Perlakuan perendaman rimpang dalam larutan pestisida (streptomisin sulfat dan benomil) dapat menurunkan bobot rimpang. Ukuran rimpang yang sedikit lebih kecil ini dapat ditoleransi karena dalam produksi jahe tidak selalu berprinsip bahwa rimpang yang besar adalah yang lebih baik, tetapi lebih pada pertimbangan kualitas secara komersial dan keuntungan secara ekonomi (Xizhen *et al.* 2004). Walaupun perlakuan benih larutan Bubur Bordo (BB) 1% dan BB 2% dapat menekan gejala puru dan busuk rimpang secara nyata tetapi perlakuan ini juga menekan pertumbuhan tanaman sehingga berakibat menekan produksi rimpang. Aplikasi dengan bubuk bordo pada benih jahe perlu dievaluasi ulang karena bubuk bordo adalah pestisida alami yang potensial untuk pengendalian penyakit bakteri dan cendawan.

Perlakuan perendaman rimpang dalam larutan pestisida, serta pencampuran antibiotik streptomisin dan fungisida benomil, dimaksudkan untuk menekan gejala busuk rimpang oleh bakteri layu maupun cendawan busuk rimpang, tetapi perlakuan benih ini juga efektif menekan gejala puru oleh nematoda. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh waktu perendaman (24 jam) yang menyebabkan pestisida tersebut menjadi toksik terhadap kontaminan nematoda parasit (telur atau larva). Beberapa jenis perlakuan benih dengan pestisida pada konsentrasi dan waktu perendaman yang berbeda telah banyak diteliti untuk menekan inokulum patogen terbawa rimpang. Perendaman rimpang dalam 0.1% larutan raksa (II) klorida selama 24 jam, efektif menekan busuk rimpang oleh cendawan *Pythium* spp. (Kothari 1966), dan larutan fungisida benomil (2.5 g L^{-1} air selama 10 menit) efektif menekan busuk kering rimpang oleh cendawan *Fusarium* (Pegg *et al.* 1974). Hartati dan Supriadi (1994), dan Karuppiyan *et al.* (2018) melakukan perendaman rimpang dalam larutan antibiotik agrimisin (2.5 g L^{-1} selama 1–2 jam), dan streptocyclin (0.20 g L^{-1} air selama 15 menit) untuk menekan kontaminasi bakteri layu pada permukaan rimpang.

Pelapisan rimpang menggunakan tepung karbosulfan ST efektif mengendalikan nematoda puru akar *Meloidogyne* spp. pada kentang dan nematoda pelubang akar *Radopholus similis* pada pisang. Karbosulfan diketahui bersifat insektisida, akarisida, dan nematisida dengan daya racun sistemik, racun kontak dan lambung (Direktorat Pupuk dan Pestisida 2014). Keefektifan karbosulfan dalam menekan gejala busuk rimpang oleh bakteri dan cendawan kemungkinan disebabkan adanya interaksi sinergis antara infeksi nematoda dengan infeksi bakteri layu dan cendawan busuk rimpang. Infeksi nematoda dapat memfasilitasi infeksi bakteri dan cendawan serta mempercepat keparahan infeksi kedua patogen tersebut (Mustika dan Nurawan 1992, Rai 2006) sehingga tertekannya infeksi nematoda oleh pestisida karbosulfan, berakibat tertekannya infeksi oleh patogen busuk rimpang.

Kemampuan agens hayati dalam menekan patogen dapat melalui beberapa mekanisme, antara lain: produksi senyawa antimikroba, produksi senyawa HCN, dan induksi ketahanan inang terhadap patogen (Noveriza *et al.* 2005, Harni *et al.* 2012, Octaviani 2015, Jalaluldeen *et al.* 2015, Kumar 2015, Waruwu *et al.* 2016). Pemanfaatan formula rizobakteri (*B. pantotkenticus* dan *T. lactae*) untuk pengendalian busuk rimpang melalui pemberian pupuk kandang dapat mengurangi intensitas infeksi bakteri layu rimpang pada jahe sebesar 54% (Hartati *et al.* 2009). Pelapisan rimpang jahe dan kunyit dengan formula campuran *Bacillus subtilis* OTPB1 and *Trichoderma harzianum* OTPB3 dapat menghambat busuk lunak rimpang selain merangsang pertumbuhan dan menginduksi ketahanan sistemik tanaman di lapangan secara signifikan (Kumar *et al.* 2015). Arwiyanto *et al.* (2007) melaporkan bahwa penggunaan *Bacillus* spp. dengan cara perendaman akar benih tembakau mampu menekan penyakit lincat yang disebabkan oleh infeksi ganda bakteri *R. solanacearum* dan nematoda *Meloidogyne incognita* pada tembakau Temanggung. *Bacillus* spp. dapat bersifat toksik terhadap nematoda parasit, yaitu dengan mekanisme antagonis langsung atau menginduksi ketahanan sistemik (Bacon 1998, Yu *et al.* 2002, Kloepper *et al.* 2004, Harni *et al.* 2012). Berbagai senyawa antimikroba yang berhasil diisolasi dari beberapa spesies *Trichoderma* spp. seperti viridifungin A (VFA) dari *T. viride* (El-Hasan *et al.* 2009), peptaibols dari *T. asperellum* TR356 (Brito *et al.* 2014) dan trichorzianol dari *T. harzianum* F031 (Jeerapong *et al.* 2015); umumnya mempunyai spektrum luas, yang mampu menghambat perkembangan berbagai jenis patogen. Asam asetat yang dihasilkan *T. harzianum* efektif menekan pertumbuhan cendawan patogen *Botryodiplodia* sp. secara *in vitro* sebesar 52.5% (Octaviani 2015). Asam 5,10-diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1*h*,6*h*dipyrrolo[1,2-*a*;1',2'-*d*]pyrazine dan asam 3-pyrrolidin-2-yl-propionic yang berasal dari cendawan endofit mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* (patogenik) hingga 70% (Jalaluldeen *et al.* 2015).

Agens hayati *Fusarium* NP merupakan cendawan endofit yang banyak digunakan untuk mengendalikan penyakit cendawan tular tanah seperti, busuk pucuk vanili dan busuk batang lada oleh *Phytophthora capsici*, dan busuk batang vanili oleh *F. oxysporum* (Tombe *et al.* 1999, Noveriza *et al.* 2005, Taufiq *et al.* 2007). Efektivitas *Fusarium* NP terhadap penekanan nematoda parasit pernah dilaporkan untuk *R. similis* pada pisang (Lisnawita *et al.* 2013), *M. incognita* pada tomat (Hallmann dan Sikora 1994), dan *M. graminicola* pada padi (Le *et al.* 2009). Mekanisme penghambatan patogen oleh *Fusarium* NP umumnya berupa kompetisi ruang dan nutrisi serta menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen (Mandee 2007, Isniah dan Widodo 2015).

Mekanisme penekanan terhadap infeksi busuk rimpang dan nematoda dari perlakuan benih yang diuji bersifat sterilisasi permukaan rimpang untuk membunuh patogen yang mencemari permukaan rimpang, walaupun tidak dapat membunuh patogen yang menginfeksi jaringan dalam rimpang, tetapi dapat melindungi benih dari infeksi baru. Menurut Hartati dan Supriadi (1994), perendaman rimpang dalam larutan antibiotik bertujuan untuk membunuh patogen yang mungkin terbawa pada permukaan benih rimpang jahe karena antibiotik tidak dapat terserap dalam rimpang. Berbeda dengan metode perlakuan benih melalui induksi panas seperti perendaman benih rimpang dalam air panas, faktor fisik panas dapat meresap ke dalam jaringan rimpang dan mencapai serta membunuh patogen dalam jaringan tersebut (McGrath *et al.* 2013).

Rimpang jahe yang tampak sehat dapat juga terkontaminasi patogen busuk rimpang sehingga perlakuan benih jahe sebelum tanam perlu dilakukan. Empat perlakuan benih yang diujikan dan efektif terhadap penekanan infeksi nematoda puru akar dan insiden busuk rimpang (larutan pestisida, formula rizobakteri, tepung karbosulfan ST, formula *Fusarium* NP) umumnya memberikan viabilitas benih dan pertumbuhan tanaman (bobot segar tanaman) yang lebih baik, sehingga teknologi tersebut dapat dikembangkan untuk upaya perbaikan mutu benih jahe yang ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada bapak Prof. Dr. Mesak Tombe atas saran-saran yang diberikan dalam penyiapan dan aplikasi formula rizobakteri dan *Fusarium* NP pada perlakuan benih rimpang jahe.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwiyanto T, Asfanudin R, Wibowo A, Martoredjo T, Dalmadiyo G. 2007. Penggunaan *Bacillus* isolat lokal untuk menekan penyakit lincat tembakau Temanggung. Berk Penelit Hayati 13(1): 79–84. DOI: <https://doi.org/10.23869/bphjbr.13.1.200713>.
- Asman A, Nurawan A, Sitepu D. 1991. Penyakit tanaman jahe dan cara penanggulangannya. Edsus Littro. 7(1):43–48.
- Bacon CW. 1998. The use of *Bacillus subtilis* as an endophyte for control of corn seedling blight disease caused by *Fusarium moniliforme*. Georgia (US): Russell Research Center.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2010. *Standar Prosedur Operasional Budidaya Jahe, Kencur, Kunyit dan Temulawak*. Bogor (ID): Balitro.
- Brito JP, Ramada MH, de Magalhães MT, Silva LP, Ulhoa CJ. 2014. Peptaibols from *Trichoderma asperellum* TR356 strain isolated from Brazilian soil. SpringerPlus. 3:600. DOI: <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-600>.
- Dadang, Fitriyani ED, Prijono D. 2009. Effectiveness of two botanical insecticide formulations to two major cabbage insect pests on field application. J ISSAAS. 15(1):42–51.
- Direktorat Pupuk dan Pestisida. 2014. Pestisida pertanian dan kehutanan tahun 2014. Jakarta (ID): Dirjen Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementan Republik Indonesia. <https://id.scribd.com/doc/270752207/Pestisida-Pertanian-Dan-Kehutanan-Terdaftar-2014>.
- Djiwanti S R, Supriadi, Wiratno. 2019. Effectiveness of some clove and citronella

- oil based-pesticide formulas against root-knot nematode on ginger. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci 250:012090. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012090>.
- El-Hasan A, Walker F, Schöne, J, Buchenauer H. 2009. Detection of viridifungin A and other antifungal metabolites excreted by *Trichoderma harzianum* active against different plant pathogens. Eur J Plant Pathol. 124(3):457–470. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-009-9433-3>.
- Hallmann J, Sikora RA. 1994. Influence of *Fusarium oxysporum*, a mutualistic fungal endophyte on *Meloidogyne incognita* infection of tomato. J Plant Dis Prot. 101(4):475–481.
- Harni R, Supramana, Sinaga MS, Giyanto, Supriadi. 2012. Mekanisme bakteri endofit mengendalikan nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada tanaman nilam. Bul Littro. 23(1):102–114.
- Hartati SY, Supriadi. 1994. Systemic action of bactericide containing oxytetracycline and streptomycin sulphate in treated ginger rhizomes. J Spice Medic Crops. 3(1):7–11.
- Hartati SY, Supriadi, Harni R, Gusmaini, Maslahah N, Karyani N. 2009. Pemanfaatan agensia dan pupuk hayati untuk mengendalikan penyakit layu pada tanaman jahe. Di dalam: *Prosiding Simposium V: Penelitian dan Pengembangan Perkebunan*; 2009 Agu 14; Bogor (ID): Puslitbangbun. hlm 451–454.
- Isniah US, Widodo W. 2015. Eksplorasi *Fusarium* nonpatogen untuk pengendalian penyakit busuk pangkal pada bawang merah. J Fitopatol Indones 11(1):14–22. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.11.1.14>.
- Jalaluldeen AM, Sijam K, Othman R, Ahmad ZAM. 2015. Growth characteristic and production of secondary metabolites from selected *Streptomyces* species isolated from the rhizosphere of chili plant. IJERSTE. 4(1):1–8.
- Jeerapong C, Phupong W, Bangrak P, Intana W, Tuchinda P. 2015. Trichoharzianol, a new antifungal from *Trichoderma harzianum* F031. J Agric Food Chem. 63(14): 3704–3708. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01258>.
- Karuppiyan R, Rahman H, Avasthe RK, Kalita H, Singh M, Ramesh K, Panda PK, Kumar A, Borah TR. 2018. *Pests and diseases management in ginger*. Sikkim (IN): ICAR Research complex for NEH Region.
- Kloepper JW, Ryu CM, Zhang S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. Phytopathol. 94(11):1259–1266. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>.
- Kothari KL. 1966. Effect of fungicides on the germination and growth of ginger plants. Sci Cult. 32(1):48–49.
- Kumar SPM, Chowdappa P, Krishna V. 2015. Development of seed coating formulation using consortium of *Bacillus subtilis* OTPB1 and *Trichoderma harzianum* OTPB3 for plant growth promotion and induction of systemic resistance in field and horticultural crops. Indian Phytopathol. 68(1):25–31.
- Le TH, Padgham LJ, Sikora RA. 2009. Biological control of the rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* on rice, using endophytic and rhizosphere fungi. Int J Pest Manag. 55(1):31–36. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670870802450235>.
- Lisnawita A, Tantawi R, Pinem MI. 2013. Aplikasi cendawan endofit terhadap perkembangan populasi nematoda *Radopholus similis* pada tanaman pisang Barangan. J Fitopatol Indones. 9(5):133–138. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.9.5.133>.
- Mandeeel QA. 2007. Modeling competition for infection sites on roots by nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. Mycopathologia. 163(1):9–20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11046-006-0080-3>.
- McGrath M, Wyenandt A, Holmstrom K. 2013. Managing pathogens inside seed with hot water. New York (US): Department of Plant Pathology, Cornell University.
- Mustika I, Nurawan A. 1992. Pengaruh *Radopholus similis* dan *Pseudomonas solanacearum* terhadap pertumbuhan jahe. Bul Littro 4:37–41.

- Noveriza R, Tombe M, Rialdy H, Manohara D. 2005. Aplikasi *Fusarium oxysporum* Non Patogenik (FONP) untuk menginduksi ketahanan bibit lada terhadap *Phytophthora capsici* L. *Bul Littro*. 16(1):27–37.
- Octaviani EA. 2015. Potensi *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium* sp. untuk pengendalian *Botryodiplodia* sp. pada jabon (*Anthocephalus cadamba*) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pegg KG, Melda L, Meffett ML, Colbran RC. 1974. Disease of ginger in Queensland. *Queensland Agric J*. 5:611–614.
- Rai S. 2006. Management of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) rhizome rot in Darjeeling and Sikkim Himalayan Region, India. <http://lib.icimod.org/record/13347/files/1679.pdf>
- Rostiana O, Effendi DS, Bermawie N. 2007. *Teknologi unggulan jahe*. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Jahe.
- Soesanto L, Soedarmono, Prihatiningsih N, Manan A, Iriani E, Pramono J. 2003. Penyakit busuk rimpang jahe di sentra produksi jahe Jawa Tengah: 1. Identifikasi dan Sebaran. *Tropika* 11(2):107–220.
- Taufiq E, Hasim, Soekarno BPW, Surahman M. 2017. Keefektifan *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* non patogenik dalam mengendalikan penyakit busuk pucuk vanili berwawasan lingkungan. *J Littri*. 23(1):18–25. DOI: <https://doi.org/10.21082/littri.v23n1.2017.18-25>.
- Tombe M, Sukamto, Taufik E, Zulhisnain. 1999. Penggunaan *Fusarium oxysporum* non patogenik (FoNP) untuk memperoleh bibit vanili yang bebas pathogen BBV. Dalam: *Prosiding Simposium Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan*. Bogor (ID): Puslitbangsun. hlm 152–159.
- Waruwu AAS, Soekarno BPW, Munif A. 2016. Metabolit cendawan endofit tanaman padi sebagai alternatif pengendalian cendawan patogen terbawa benih padi. *J Fitopatol Indones*. 12(2):53–61. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.12.2.53>.
- Xizhen A, Jinfeng S, Xia X. 2004. Ginger production in Southeast Asia. Di dalam: Ravindran PN, Babu KN, editor. *Ginger the Genus Zingiber*. Florida (US): CRC Press.
- Yu GY, Sinclair JB, Hartman GL, Bertagnolli BL. 2002. Production of iturin A by *Bacillus amyloiquefaciens* suppressing *Rhizoctonia solani*. *Soil Biol Biochem*. 34(7):955–963. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00027-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00027-5).