

Aplikasi Fungisida dan Pupuk Silika untuk Menekan Penyakit Bercak Daun *Pyricularia zingiberi* pada Jahe Merah

Application of Fungicides and Silica Fertilization Suppress *Pyricularia zingiberi* Leaf Spot Disease on Red Ginger

Marlina Puspita Sari*, Siti Hardiyanti, Dono Wahyuno, Dyah Manohara
Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bogor 16915

ABSTRAK

Pyricularia zingiberi merupakan penyebab penyakit bercak daun dominan di Indonesia. Pengendalian penyakit bercak daun masih bertumpu pada fungisida kimia. Kombinasi teknik pengendalian serta ketepatan waktu aplikasi fungisida perlu ditentukan untuk meningkatkan efektivitas pengendalian serta mengurangi dampak negatif penggunaan fungisida kimia. Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi pemberian fungisida dan pupuk silika serta waktu yang efektif untuk pengendalian penyakit bercak daun. Penelitian disusun dalam rancangan petak-petak terbagi, dengan aplikasi pupuk silika sebagai petak utama, fungisida sebagai anak petak, dan waktu aplikasi sebagai anak-anak petak. Pupuk silika (20 mL L⁻¹) diaplikasikan pada tanaman jahe merah umur 4 minggu dan kemudian tanaman diinokulasi dengan *P. zingiberi* pada umur 8 minggu. Fungisida mulai diaplikasikan sesuai dengan perlakuan (umur 12, 14, dan 16 minggu). Tidak terdapat interaksi antara ketiga faktor yang diuji. Aplikasi silika dalam bentuk SiO₂ memberikan pengaruh tidak nyata pada keparahan serta laju perkembangan penyakit. Aplikasi silika meningkatkan kadar fenol dalam tanaman jahe merah. Pestisida nabati berbahan minyak cengkeh menginduksi sintesis asam salisilat, namun tidak signifikan dalam menekan laju perkembangan penyakit bercak daun. Mankozeb lebih efektif menekan laju perkembangan penyakit bercak daun dibandingkan dengan perlakuan lain. Waktu aplikasi fungisida disarankan pada saat tanaman berumur 14–16 minggu atau saat gejala bercak daun mulai terlihat. Monitoring berkala perlu dilakukan.

Kata kunci: mankozeb, minyak cengkeh, pengendalian terpadu, SiO₂

ABSTRACT

Pyricularia zingiberi is the dominant cause of leaf spot disease in Indonesia. Leaf spot disease control still relies on chemical fungicides. The combination of control techniques and the fungicide application timing must be determined to increase control effectiveness and reduce the negative impact of using chemical fungicides. This study aims to assess the combination of fungicide and silica fertilizer and the effective time for controlling leaf spot disease. The research was arranged in a split-split plot design, with silica fertilizer as the main plot, fungicide as a subplot, and the time of application as a subplot. Silica fertilizer (20 mL L⁻¹) was applied at four weeks old red ginger, and then plants were inoculated with *P. zingiberi* at eight weeks of age. Fungicides were used according to the treatments (12, 14, and 16 weeks of age). There is no interaction between the three tested factors. The application of silica in the form of SiO₂ had no significant effect on the severity and rate of disease progression. The application of silica increases the phenol content in red ginger plants. Botanical pesticides made from clove oil

*Alamat penulis korespondensi: Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Riset Pangan dan Pertanian. BRIN. Cibinong Science Center, Jalan Raya Jakarta-Bogor, Cibinong, Kabupaten Bogor 16915.
Surel: marlina_puspita434@yahoo.co.id

induce the synthesis of salicylic acid but are not significant in suppressing the rate of development of leaf spot disease. Mancozeb was more effective in suppressing the rate of development of leaf spot disease than other treatments. The recommended time for fungicide application is when the plants are 14–16 weeks old or when the symptoms of leaf spots begin to appear. Monitoring periodically is necessary.

Keywords: clove oil, integrated management, mancozeb, SiO₂

PENDAHULUAN

Jahe merah merupakan tanaman bernilai ekonomi tinggi, namun budi dayanya masih terkendala oleh penyakit tanaman. Penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *Pyricularia zingiberi* merupakan salah satu penyakit utama pada jahe merah. Kondisi lingkungan, umur tanaman, dan jenis jahe yang ditanam memengaruhi tingkat kerusakan dan cendawan patogen yang dominan di suatu daerah. Kejadian penyakit bercak daun jahe berkisar 10% hingga 30%. Pada kondisi kelembapan tinggi dan tanaman ternaungi, insidensi dan intensitas serangan cendawan meningkat (Hartati *et al.* 2011). Tanaman berumur kurang dari lima bulan sangat rentan terhadap penyakit bercak daun (Siswanto *et al.* 2008). Di Indonesia beberapa cendawan dilaporkan sebagai penyebab penyakit bercak daun, di antaranya *Phakopsora elettariae* (Rachmat 1993), *Phyllosticta zingiberi* (Hartati *et al.* 2011), *P. zingiberi* (Wahyuno *et al.* 2020). Sampai tahun 2011 belum dilaporkan adanya varietas jahe yang tahan terhadap penyakit bercak daun (Hartati *et al.* 2011). *Phyllosticta zingiberi* dilaporkan menyebabkan kerusakan pada daun jahe dan dominan tersebar di sentra produksi jahe di Indonesia (Wahyuno *et al.* 2020).

Pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang ramah lingkungan saat ini menjadi hal yang mendesak untuk dilakukan seiring dengan semakin kompleksnya permasalahan yang timbul akibat OPT. Dampak negatif terjadi jika pestisida sintetis diaplikasikan secara tidak bijaksana (Wiratno *et al.* 2013). Pemanfaatan pestisida nabati dalam pengendalian hama dan penyakit tumbuhan telah lama dilakukan, terutama di negara-negara yang telah memanfaatkan herba dalam kehidupannya sehari-hari (Yang

dan Tang 1988). Sebagian besar senyawa fitokimia yang dikandung beberapa tanaman dapat berfungsi sebagai pestisida, tetapi kurang persisten dibandingkan dengan pestisida sintetis sehingga dapat mengurangi dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Potensi minyak atsiri sebagai fungisida nabati telah banyak dibuktikan dan lebih ramah lingkungan karena cepat terdegradasi. Sari *et al.* (2022) melaporkan minyak cengkeh secara *in vitro* mampu menghambat pertumbuhan *Pyricularia zingiberi* hingga 100% pada konsentrasi 150 ppm dengan nilai LC₅₀ 70.79 ppm. Namun demikian, waktu serta interval aplikasi fungisida yang tepat masih belum diketahui secara pasti. Ketepatan waktu berperan penting dalam menekan perkembangan penyakit serta mengurangi dampak negatif dari penggunaan fungisida kimia (Parween dan Jan 2019).

Selain pemanfaatan pestisida nabati, ketersediaan unsur hara bagi tanaman turut memengaruhi tingkat keparahan serta laju perkembangan penyakit (Hayasaka *et al.* 2008). Silika dilaporkan mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit oleh cendawan maupun bakteri (Wang *et al.* 2017). Silika dapat menekan intensitas serangan bercak daun yang disebabkan oleh *P. grisea* (Seebold *et al.* 2000). Rodrigues *et al.* (2004) melaporkan silika dapat menginduksi terbentuknya senyawa fitoaleksin dalam daun padi sehingga menjadi tahan terhadap penyakit bercak daun oleh *P. grisea*. Metabolit sekunder, seperti lignin dan fenol, memiliki peran penting dalam ketahanan tanaman. Silika diketahui berperan dalam metabolisme fenol dan biosintesis lignin dalam dinding sel tanaman (Marschner 2012). Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi aplikasi silika dan fungisida serta waktu aplikasi yang efektif untuk pengendalian penyakit bercak daun.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini disusun dalam rancangan petak-petak terbagi dengan petak utama ialah pupuk silika, anak petak ialah fungisida, dan anak-anak petak ialah waktu aplikasi fungisida. Silika dalam bentuk pupuk cair (SiO_2 10%) disemprotkan pada tanaman berumur 4 dan 8 minggu dengan dua taraf: dengan dan tanpa silika. Fungisida yang diuji ialah fungisida sintetik mankozeb, fungisida nabati minyak cengkeh, dan tanpa fungisida sebagai kontrol. Waktu pemberian fungisida ialah 12, 14, dan 16 minggu setelah tanam. Jahe merah ditanam dalam kantong plastik dengan medium berupa campuran tanah dan pupuk kandang (2:1). Penelitian disusun dalam tiga blok ulangan, masing-masing unit terdiri atas tujuh tanaman jahe merah di kantong plastik.

Pupuk Silika

Pupuk silika cair hasil penelitian Balai Besar Pasca Panen Kementerian Pertanian digunakan dalam penelitian ini. Pupuk silika cair yang mengandung SiO_2 10% disemprotkan pada daun jahe sebanyak dua kali. Konsentrasi aplikasi yang digunakan ialah 20 mL L^{-1} dengan volume semprot sebanyak 500 mL untuk tujuh tanaman (Sari *et al.* 2022). Penyemprotan dimulai ketika tanaman berumur 4 minggu dengan interval 4 minggu.

Inokulum *Pyricularia zingiberi*

Pyricularia zingiberi Pyr-J2 asal jahe merah koleksi Laboratorium Penyakit Tanaman Balitro, dibiakkan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) dan diinkubasi dengan cahaya ($\pm 400 \text{ lux}$) selama 10 hari hingga membentuk massa konidium. Tanaman yang telah diaplikasi pupuk silika maupun tanaman kontrol diinokulasi buatan dengan menyemprotkan suspensi massa konidium *P. zingiberi* dengan kerapatan 10^5 konidium mL^{-1} pada tanaman berumur delapan minggu (Wahyuno *et al.* 2020).

Pestisida Nabati Berbasis Minyak Cengkeh

Pestisida nabati berbahan aktif minyak cengkeh berdasarkan pada teknologi nano

merupakan hasil penelitian Laboratorium Penyakit Tanaman Balitro. Konsentrasi pestisida nabati yang digunakan ialah 2 mL L^{-1} . Fungisida sintetik sebagai pembanding dalam penelitian ialah Mankozeb dengan konsentrasi 2 g L^{-1} . Waktu aplikasi penyemprotan fungisida nabati maupun kimia sintetik ialah sesuai perlakuan, yaitu pada umur 12, 14, dan 16 minggu. Aplikasi diulang setiap 2 minggu selama 8 minggu.

Keparahan dan Laju Perkembangan Penyakit Bercak Daun *Pyricularia zingiberi*

Keparahan penyakit diukur selama 16 minggu dengan selang waktu pengamatan dua minggu dan dihitung dengan rumus:

$$KP = \frac{\sum_{i=0}^i (n_i \times v_i)}{N \times V} \times 100\%, \text{ dengan}$$

KP, keparahan penyakit (%); n_i , daun dengan nilai skor ke i ; v_i , nilai skala (skor) dari tiap kategori; N , jumlah seluruh daun yang diamati ($n_0 + n_1 + \dots + n_6$); dan V , nilai skala (skor) dari kategori infeksi tertinggi (=6).

Metode skoring didasarkan pada luas nekrosa yang terbentuk (IRRI 2002) dengan modifikasi skor: (0), tidak ada bercak; (1), luas bercak dalam satu helai daun <4%; (2), luas bercak dalam satu helai daun 4–10%; (3), luas bercak dalam satu helai daun 11–25%; (4), luas bercak dalam satu helai daun 26–50%; (5), luas bercak dalam satu helai daun 51–75%; (6), luas bercak dalam satu helai daun >75%. Modifikasi dilakukan pada nilai skor 4 IRRI, menjadi skor 1 dan menaikkan batas nilai dari 2% menjadi 4%. Pada masing-masing tanaman diamati lima daun, dimulai dari daun yang teratas.

Pengaruh perlakuan secara keseluruhan dapat ditunjukkan oleh perkembangan penyakit per satuan waktu, melalui model luas area dengan kurva perkembangan penyakit atau *area of under the disease progress curve* (AUDPC). Angka AUDPC yang semakin rendah menunjukkan perlakuan semakin efektif dalam mengendalikan patogen, dan sebaliknya, semakin besar angka AUDPC maka perlakuan semakin tidak berpengaruh terhadap infeksi patogen. Laju perkembangan

penyakit bercak daun pada jahe merah dihitung mengikuti rumus (Simko dan Piepho 2012):

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^{N_i} \left[\frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} \times (t_{i+1} - t_i) \right], \text{ dengan}$$

Y_i , intensitas serangan penyakit (persentase) pada pengamatan ke i ; t_i , waktu (hari) pada pengamatan ke i ; dan N_i , jumlah total pengamatan.

Kadar Silikon Dioksida pada Tanaman

Kadar silika pada tanaman dianalisis pada akhir pengamatan untuk menentukan kemampuan penyerapan pupuk silika oleh jahe merah. Daun dan batang jahe merah dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama empat hari. Kadar silikon dioksida diukur dengan metode gravimetri.

Kadar Asam Salisilat dan Total Fenol pada Tanaman

Daun jahe merah yang sudah dipanen, dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama empat hari, kemudian dihaluskan untuk uji lanjut. Analisis kadar asam salisilat dihitung dengan metode HPLC mengikuti Desai dan Senta (2015). Total fenol dihitung dengan spektrofotometri Vis pada panjang gelombang maksimum (Barki *et al.* 2017).

Kadar Gingerol dalam Rimpang Jahe Merah

Rimpang jahe merah dipanen, dicuci, dan dikeringanginkan. Rimpang tersebut diiris tipis, lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C selama 7 hari. Simplisia diukur kadar gingerolnya mengikuti metode kromatografi lapis tipis. Semua data dihitung mengikuti analisis varians dan uji Tukey pada taraf 5%.

HASIL

Keparahan dan Laju Perkembangan Penyakit Bercak Daun Jahe Merah

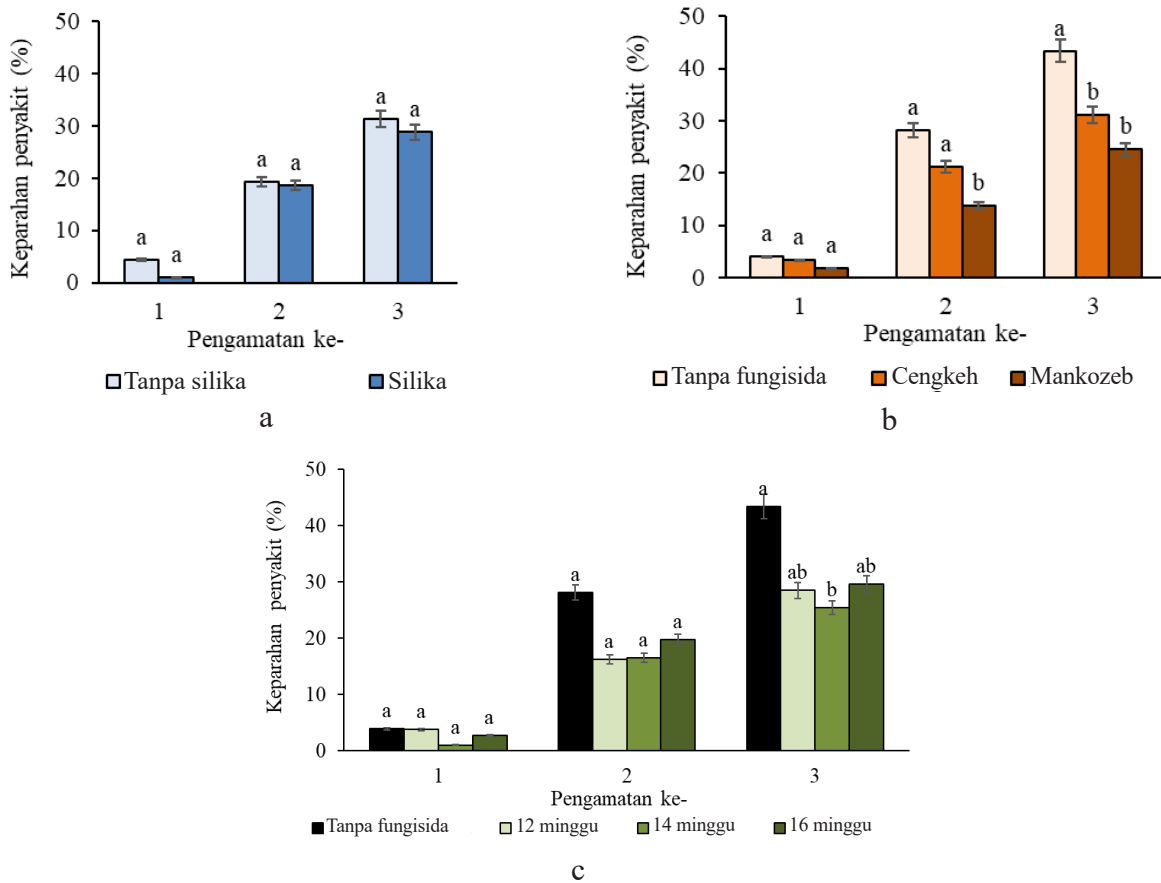
Gejala penyakit bercak daun mulai muncul 2–3 minggu setelah inokulasi buatan dan terjadi variasi keparahan penyakit antarperlakuan. Ketiga faktor yang diuji dalam penelitian ini tidak menunjukkan interaksi. Interaksi juga tidak ditemukan antara dua perlakuan dari

masing-masing faktor yang diujikan sehingga analisis dilakukan pada masing-masing faktor tunggalnya.

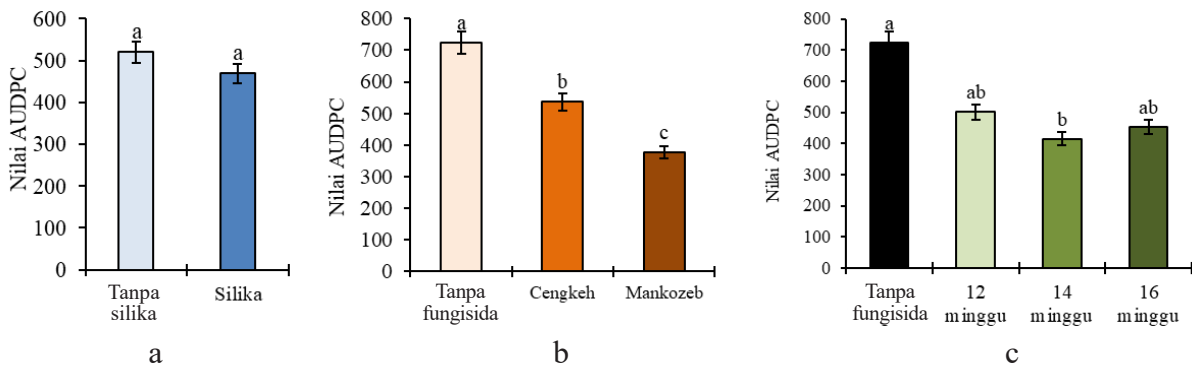
Silika tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat keparahan maupun nilai AUDPC penyakit bercak daun (Gambar 1a). Sementara itu, aplikasi fungisida mampu menekan keparahan penyakit bercak daun pada jahe merah serta memperlambat laju perkembangan penyakitnya dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (Gambar 1b). Demikian juga saat dilakukan aplikasi fungisida pada waktu yang berbeda (Gambar 1c). Tanaman yang diaplikasi dengan pestisida nabati minyak cengkeh keparahan penyakitnya lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, namun hanya berbeda nyata pada pengamatan ke-3. Tetapi, aplikasi dengan mankozeb sudah berbeda nyata dengan kontrol pada minggu ke-2 (Gambar 1b).

Pengaruh waktu awal aplikasi fungisida terhadap keparahan penyakit bercak daun berbeda nyata pada pengamatan ke-3. Tanaman yang diaplikasi dengan fungisida pada saat berumur 14 minggu memiliki persentase keparahan serta laju perkembangan penyakit yang nyata lebih rendah dibandingkan dengan kontrol (Gambar 1c). Berdasarkan pengamatan yang dilakukan secara berkala, gejala awal penyakit bercak daun muncul sekitar 2 hingga 3 minggu setelah inokulasi buatan (umur tanaman 11-12 minggu).

Berdasarkan nilai AUDPC, aplikasi silika mampu mengurangi keparahan penyakit bercak daun, tetapi tidak berbeda nyata dengan kontrol. Fungisida dengan bahan aktif mankozeb menekan keparahan penyakit lebih tinggi dibandingkan dengan fungisida berbahan aktif minyak cengkeh. Tetapi, keparahan penyakit pada tanaman yang diaplikasi fungisida berbahan aktif minyak cengkeh nyata lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Tidak ada perbedaan yang nyata antara aplikasi fungisida yang dilakukan pada minggu ke-12, 14 dan ke-16 pada keparahan penyakit yang terjadi. Aplikasi pestisida nabati minyak cengkeh menekan laju perkembangan penyakit bercak daun berdasarkan pada nilai AUDPC (Gambar 2).



Gambar 1 Keparahan penyakit bercak daun jahe merah pada masing-masing faktor perlakuan. a, aplikasi silika; b, jenis fungisida; dan c, waktu aplikasi fungisida. Data merupakan hasil transformasi $\sqrt{(x+0.5)}$.



Gambar 2 Laju perkembangan penyakit bercak daun jahe merah pada masing-masing faktor perlakuan. a, aplikasi silika; b, jenis fungisida; dan c, waktu aplikasi fungisida. Huruf yang sama dalam setiap gambar menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada α 5%.

Kemampuan Penyerapan Silika oleh Jahe Merah

Analisis kadar silika yang dilakukan pada akhir pengamatan (minggu ke-25) menunjukkan tanaman jahe merah yang diberi pupuk silika mempunyai kadar SiO₂ pada daun lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan yang tanpa silika (Gambar 3). Hal ini

menunjukkan bahwa penyemprotan pupuk silika mampu diserap oleh tanaman jahe merah.

Sintesis Asam Salisilat dan Fenol pada Jahe Merah

Pemupukan silika tidak memengaruhi kadar asam salisilat yang dihasilkan pada

akhir pengamatan (Gambar 4). Tanaman yang diaplikasi pestisida nabati berbasis minyak cengkeh mempunyai kadar asam salisilat tertinggi dibandingkan dengan tanpa aplikasi maupun aplikasi mankozeb sebagai pembanding dan berbeda nyata. Tanaman yang diaplikasi fungisida pada minggu ke-14 dan 16 menunjukkan kadar asam salisilat yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol maupun perlakuan pada minggu ke-12.

Kandungan total fenol pada tanaman yang diaplikasi silika berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (Gambar 5). Demikian halnya dengan tanaman yang diaplikasi fungisida, baik sintetik (mankozebe) maupun nabati (minyak cengkeh) mempunyai kandungan total fenol yang lebih tinggi dan berbeda nyata

dibandingkan dengan kontrol. Tanaman yang diaplikasi pestisida nabati berbahan minyak cengkeh maupun mankozeb pada minggu ke-14 dan 16 secara nyata mempunyai kandungan fenol lebih tinggi di akhir pengamatan.

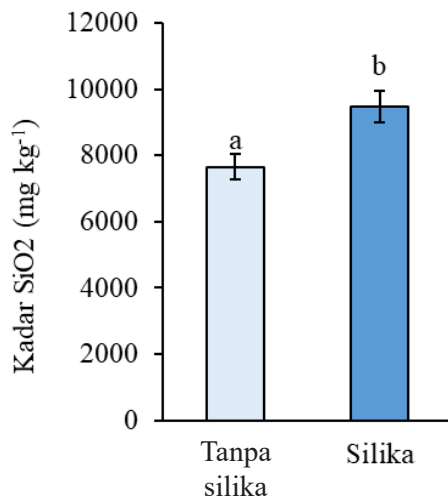
Kadar Gingerol Rimpang Jahe Merah

Kadar gingerol merupakan salah satu peubah yang menunjukkan kualitas rimpang yang dihasilkan. Kadar gingerol pada seluruh perlakuan berkisar antara 4% hingga 5%, tidak berbeda nyata satu sama lain (Gambar 6). Baik pemupukan silika maupun aplikasi fungisida tidak menyebabkan penurunan kadar gingerol pada rimpang jahe merah.

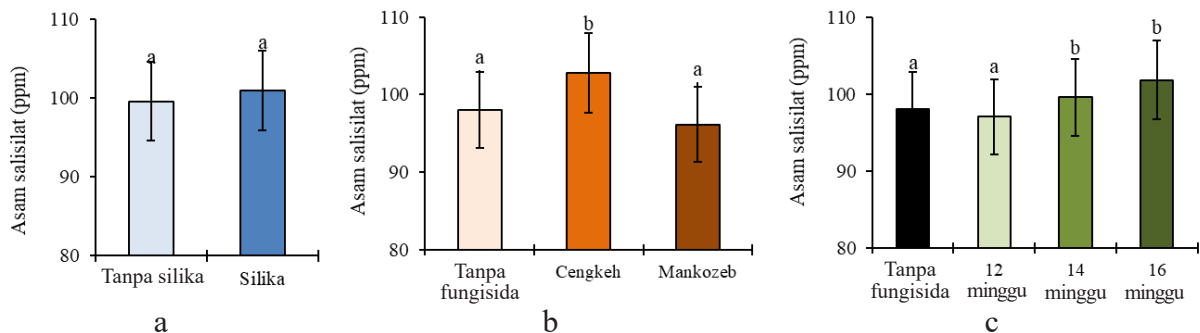
PEMBAHASAN

Saat ini penyakit bercak daun jahe merah banyak dijumpai di lapangan dengan kerusakan serius ketika kondisi lingkungan mendukung. *Pyricularia zingiberi* merupakan cendawan yang dominan ditemukan sebagai penyebab penyakit bercak daun. Gejala muncul pada daun tua saat tanaman sedang dalam fase produktif (Wahyuno *et al.* 2020). Kerusakan pada daun yang diakibatkan patogen ini mampu menghambat proses fotosintesis tanaman sehingga produksi rimpang terganggu. Pengelolaan penyakit bercak daun dengan memadukan berbagai teknik yang tersedia perlu dilakukan untuk memaksimalkan hasil perlakuan.

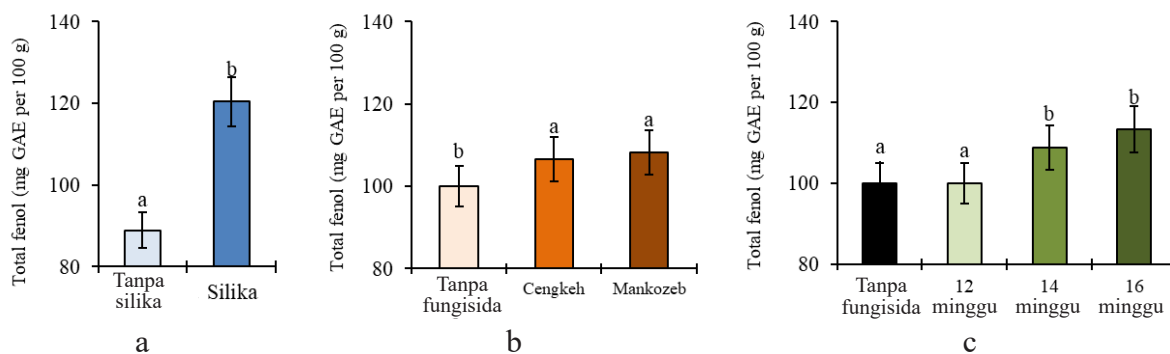
Terdapat penurunan tingkat keparahan penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *P. zingiberi* pada tanaman jahe yang diaplikasi



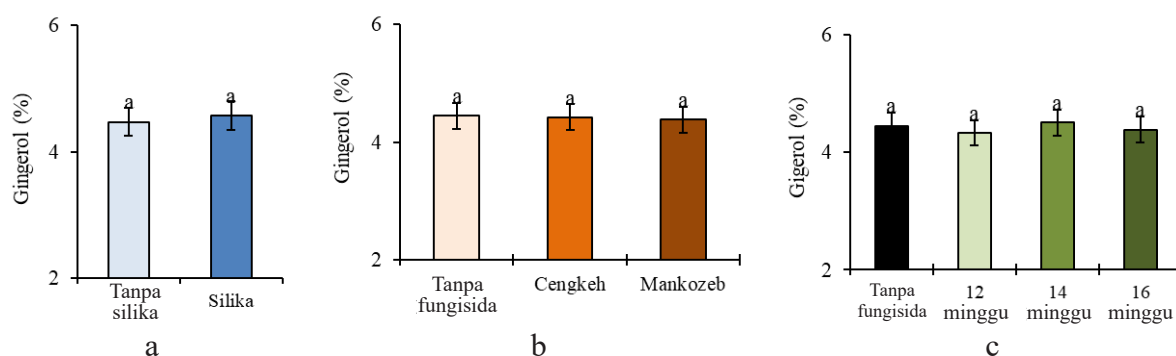
Gambar 3 Kandungan silika di dalam tanaman jahe. Huruf yang sama dalam gambar menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada α 5%.



Gambar 4 Kadar asam salisilat pada tanaman jahe merah yang diberi perlakuan. a, aplikasi silika; b, jenis fungisida; dan c, waktu aplikasi fungisida. Huruf yang sama dalam setiap gambar menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada α 5%.



Gambar 5 Kandungan fenol pada tanaman jahe merah yang diberi perlakuan. a, aplikasi silika; b, jenis fungisida; dan c, waktu aplikasi fungisida. Huruf yang sama dalam setiap gambar menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada α 5%.



Gambar 6 Kadar gingerol pada rimpang jahe yang diberi perlakuan. a, aplikasi silika; b, jenis fungisida; dan c, waktu aplikasi fungisida. Huruf yang sama dalam setiap gambar menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada α 5%.

dengan SiO_2 , namun tidak berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Meskipun tanaman jahe dapat menyerap silika yang diaplikasikan, konsentrasi SiO_2 yang masih terlalu rendah diduga memengaruhi keefektifan silika dalam menekan penyakit bercak daun. Aplikasi SiO_2 90% mampu mengurangi secara nyata kemampuan penetrasi cendawan *P. oryzae* pada daun padi (Hayasaka *et al.* 2008).

Selain SiO_2 , terdapat beberapa bentuk sumber silika yang mungkin digunakan untuk aplikasi di atas permukaan tanah, di antaranya Ca_2SiO_4 dan Na_2SiO_4 . Aplikasi silika pada daun dalam bentuk Ca_2SiO_4 lebih efektif dalam menekan keparahan penyakit blas yang disebabkan oleh *P. oryzae*, diindikasikan dengan nilai AUDPC lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan SiO_2 (Ng *et al.* 2021). Aplikasi silika dalam bentuk Ca_2SiO_4 pada jahe belum

pernah dilakukan sebelumnya, oleh karena itu aplikasi silika dalam bentuk selain SiO_2 dapat dipertimbangkan untuk uji lanjut.

Aplikasi silika dalam bentuk SiO_2 mampu meningkatkan kadar total fenol tanaman jahe. Silika terlibat di dalam proses metabolisme yang berkaitan ketahanan tanaman (Luyckx *et al.* 2017). Aplikasi silika memengaruhi sintesis fenol pada jahe merah. Fenol merupakan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman, kelompok ini mencakup terpenoid, flavonoid, isoflavonoid, dan tanin. Akumulasi senyawa fenolik mampu meningkatkan aktivitas enzim *phenylalanine ammonium lyase* dan mensintesis enzim kitinase yang berperan dalam sifat ketahanan tanaman (Ohri dan Pannu 2010). Pozza *et al.* (2015) melaporkan bahwa meskipun silika dapat menurunkan keparahan penyakit pada banyak jenis tanaman, tetapi mekanisme yang terlibat di dalamnya belum diketahui secara

pasti. Mereka juga menyatakan tanaman yang dipupuk silika cenderung meningkatkan aktivitas fenol oksidase dan peroksidase, serta ketahanan fisik karena Si terdeposit pada daun dan saluran xilem. Pada tanaman jahe yang diaplikasi silika dengan konsentrasi uji tidak ditemukan gejala fitotoksik dan tidak menurunkan kadar gingerol di dalam rimpang.

Saat ini pengendalian penyakit bercak daun di lapangan masih bertumpu pada fungisida sintetik. Ketepatan jenis dan waktu aplikasi fungisida sangat berpengaruh terhadap efektivitas suatu fungisida karena terkait dengan stadium dan potensi inokulum suatu patogen saat ada di lapangan. Secara *in vitro*, mankozeb efektif menekan pertumbuhan cendawan *P. zingiberi* dengan nilai LC_{50} 870.96 ppm (Sari *et al.* 2022). Aplikasi di rumah kaca pada tanaman berumur 14 dan 16 minggu menunjukkan bahwa mankozeb efektif dalam menekan keparahan penyakit serta laju perkembangan penyakit bercak daun (digambarkan dari nilai AUDPC) pada jahe merah. Mankozezeb merupakan fungisida kontak yang menghambat perkecambahan spora berbagai jenis cendawan dengan menghasilkan senyawa *ethylene bisisothiocyanate sulfidae* ketika kontak dengan air (Gullino *et al.* 2010; FAO 2021).

Pemanfaatan pestisida nabati diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian selain fungisida sintetik. Aplikasi pestisida nabati berbahan dasar minyak cengkeh memengaruhi sintesis asam salisilat pada tanaman, namun tidak menekan perkembangan penyakit bercak daun secara nyata. Senyawa eugenol yang terkandung dalam minyak cengkeh diketahui memiliki sifat anticendawan. Eugenol mampu menekan perkembangan *Rhizoctonia solani* pada tomat (Thabet dan Khalifa 2018) dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanilla* pada vanili (Tombe *et al.* 2012). Namun demikian, keberhasilan penggunaan pestisida nabati dan sintetik juga dipengaruhi oleh ketepatan waktu dan frekuensi aplikasinya. Udara, cahaya matahari, kelembapan, serta paparan suhu yang tinggi mampu merusak komponen pestisida nabati

sehingga menurunkan keefektifannya (Gurjar *et al.* 2012).

Hingga saat ini di Indonesia, hanya *P. zingiberi* yang sudah ditemukan dan terkonfirmasi sebagai penyebab bercak daun berlian pada jahe. Penyebaran utama *P. zingiberi* terjadi melalui udara, dan siklus yang bersifat polisiklik (Wahyuno *et al.* 2020). Kondisi lingkungan yang ideal untuk infeksi dan sporulasi akan mendorong terjadinya keparahan penyakit yang bersifat eksponensial. Terdapat tiga fase utama dalam proses patogenesis cendawan, yaitu infeksi, kolonisasi, dan sporulasi. Fase sporulasi merupakan saat tanaman sakit mampu menularkan penyakit pada tanaman lainnya. Periode antara 7 dan 14 hari merupakan waktu yang diperlukan *P. zingiberi* melakukan infeksi hingga bersporulasi lagi (Wahyuno *et al.* 2020). Seminggu setelah kemunculan gejala awal (tanaman umur 12 minggu), keparahan penyakit yang muncul masih rendah dan sebagian besar belum masuk ke fase sporulasi. Kato *et al.* (1970) melaporkan bahwa proses pembentukan spora *P. griseae* mencapai puncaknya pada 3 hingga 8 hari setelah muncul gejala pada daun. Kondisi keragaan tanaman dan frekuensi aplikasi fungisida yang tepat akan mengurangi kerusakan daun jahe akibat serangan *P. zingiberi*. Aplikasi fungisida mankozeb pada umur 14–16 minggu dapat menghentikan siklus hidup cendawan sebelum mampu menularkan pada tanaman lain yang masih sehat. Waktu aplikasi yang efektif beberapa jenis fungisida untuk pengendalian *P. griseae* dilaporkan oleh Serghat *et al.* (2002), fungisida *pyrazophos* harus diaplikasikan setiap 2 minggu, sedangkan *carboxin+thiram*, *thiabendazole* dan *mancozeb* harus diaplikasikan setiap minggu untuk dapat memberi perlindungan tanaman padi pada periode pertumbuhan vegetatif.

Informasi mengenai teknologi pengelolaan penyakit bercak daun pada jahe masih sangat terbatas meskipun penyakit tersebut menjadi permasalahan di lapangan. Kebaruan dalam penelitian ini ialah memperoleh jenis fungisida yang efektif serta waktu dan

frekuensi aplikasi fungisida yang tepat untuk dilakukan di lapangan. Aplikasi fungisida pada umur 14–16 minggu, saat gejala awal ditemukan efektif untuk menekan keparahan serta laju perkembangan penyakit bercak daun jahe merah. Secara umum, pengendalian perlu dilakukan sejak awal saat penyakit atau gejala mulai terlihat dan tidak bergantung hanya pada satu komponen pengendalian. Monitoring secara berkala perlu untuk dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Balittro, Kementerian Pertanian yang telah menyediakan sarana dan prasarana untuk penelitian ini, Rita Noveriza yang telah menyediakan pestisida nabati berbahan aktif cengkeh, Hoerudin yang telah menyediakan pupuk silikat, dan Asep Muslihat (Balittro) yang telah membantu teknis kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Barki T, Kristiningrum N, Puspitasari E, Fajrin FA. 2017. Penetapan kadar fenol total dan pengujian aktivitas antioksidan minyak jahe gajah (*Zingiber officinale* var. *officinale*). E-Jurnal Pustaka Kesehatan. 5(3):432–436.
- Desai NC, Senta RD. 2015. Simultaneous Rp-HPLC determination of salicylamide, salicylic acid and deferasirox in the bulk API dosages forms. Journal of Taibah University for Science. 9(2):245–251. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.11.006>.
- FAO. 2021. FAO Specifications and Evaluations for Mancozeb. Rome (IT):FAO.
- Gullino ML, Tinivella F, Garibaldi A. 2010. Mancozeb past, present, and future. Plant Disease. 94:1076–1086. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-9-1076>.
- Gurjar MS, Shahid A, Akhtar M, Kangabam SS. 2012. Efficacy of plant extracts in plant disease management. Agricultural Sciences. 3:425–433. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2012.33050>.
- Hartati SY, Djiwanti SR, Wahyuno D, Manohara D. 2011. Penyakit penting pada tanaman jahe. Di dalam: Supriadi, Yusron M, Wahyuno D, editor. *Monograf Jahe, Status Teknologi Hasil Penelitian Jahe*. Bogor (ID): Balittro. hlm 86–110.
- Hayasaka T, Fujii H, Ishiguro K. 2008. The role of silicon in preventing appressorial penetration by the rice blast fungus. Phytopathology. 98:1038–1044. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHTO-98-9-1038>.
- IRRI. 2002. *Standard Evaluation System for Rice*. Manila (PH): International Rice Research Institute.
- Kato H, Sasaki T, Koshimizu. 1970. Potential for conidium formation of *Pyricularia oryzae* in cesions on leaves and penicles. Phytopathology. 60:608–612. DOI: <https://doi.org/10.1094/Phyto-60-608>.
- Luyckx M, Hausman JF, Lutts S, Guerriero G. 2017. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. Frontiers in Plant Science. 8:411. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00411>.
- Marschner P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. London (UK): Academic Press.
- Ng LC, Adila ZN, Hafiz EMSH, Aziz A. 2021. Foliar spray of silicon enhances resistances against *Pyricularia oryzae* by triggering phytoalexin responds in aerobic rice. European Journal of Plant Pathology. 159:673–683. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02197-1>.
- Ohri P, Pannu SK. 2010. Effect of phenolic compounds on nematodes-A review. Journal of Applied and Natural Science. 2:44–50. DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v2i2.144>.
- Parween T, Jan S. 2019. Perceptive exploitation of pesticides: connecting link between pesticide consumption and agricultural sustainability. Ecophysiology of Pesticides. 6:189–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817614-6.00006-8>.
- Pozza EA1, Pozza AAA, Botelho DMS. 2015. Silicon in plant disease control.

- Revista Ceres Vicosa. 62(3):323–331. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030013>.
- Rachmat A. 1993. Rust of *Zingiber ottensii*. Di dalam: Kobayashi T, Oniki M, Matsumoto K, Sitepu D, Manohara D, Tombe M, Djiwanti SR, Nurawan A, Wahyuno D, Nazarudin SB, editor. Diagnostic manual for Industrial Crop Diseases in Indonesia. Bogor (ID): JICA- Balitro. hlm 15–17.
- Rodrigues FA, McNally DJ, Datnoff LJ, Jones JB, Labbe C, Benhamou N, Menzies JG, Blenger RR. 2004. Silicon enhances the accumulation of terpenoid phytoalexin in rice: a potential mechanism for blast resistance. *Phytopathology*. 94:177–183. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHTO.2004.94.2.177>.
- Sari MP, Wahyuno D, Florina D, Manohara D, Hoerudin. 2022. Effectiveness of essential oil formula and silica against diamond shape leaf spot disease in red ginger. IOP Conference Series: Earth Environment Sciences. 974(1):012010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012010>.
- Seebold KW, Datnoff LE, Correavistoria FJ, Kucharek TA, Snyder GA. 2000. Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald, and yield of upland rice. *Plant Diseases*. 84:871–876. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.8.871>.
- Serghat S, Mouria A, Touhami AO and Douira A 2002. In vivo effect of some fungicides on the development of *Pyricularia grisea* and *Helminthosporium oryzae*. *Phytopathologia Mediterranea*. 41:235–246. DOI: 10.2307/26456632.
- Simko I, Piepho HP. 2012. The area under the disease progress stairs: calculation, advantage, and application. *Phytopathology*. 102:381–389. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHTO-07-11-0216>.
- Siswanto, Wahyuno D, Manohara D, Desmawati, Ramadhanic S, Sianturi DA, Karyatiningsih R, Utami LS. 2008. Sebaran hama dan penyakit tanaman jahe di tiga provinsi di Indonesia. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Terpadu Organisme Pengganggu Tanaman Jahe dan Nilam*; 2008 Nov 4; Bogor (ID): Pusat Penelitian Tanaman Perkebunan, Kementan. hlm 39–48.
- Thabet M, Khalifa W. 2018. Antifungal activities of clove oil against root rot and wilt pathogens of tomato plants. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science*. 18:105–114.
- Tombe M, Pangeran D, Haryani TS. 2012. Kefektifan formula minyak cengkeh dan seraiwangi terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* penyebab busuk batang vanili. *Jurnal Litri*. 18(4):143–150. DOI: <https://doi.org/10.21082/jlitri.v18n4.2012.143-150>.
- Wahyuno D, Florina D, Sari MP, Susilowati DN. 2020. *Pyricularia zingiberi*, a causal agent of diamond shape leaf spot disease of ginger in Indonesia. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 468(1):012032. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012032>.
- Wang ML, Gao, Dong S, Sun Y, Shen Q, Guo S. 2017. Role of silicon on plant-pathogen interactions. *Frontiers of Plant Science*. 8(701):1–14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00701>.
- Wiratno, Siswanto, Trisawa IM. 2013. Perkembangan penelitian, formulasi, dan pemanfaatan pestisida nabati. *Jurnal Litbang Pertanian*. 32(4):150–155.
- Yang RZ, Tang CS. 1988. Plant used for pest control in China, a literature review. *Economic Botany*. 42:376–406. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02860162>.