

Keefektifan Campuran Kitosan Nano dan Silika Nano dalam Menekan *Alternaria porri* dan Penyakit Bercak Ungu pada Tanaman Bawang Merah

Hersanti^{1*}, Suyus Muhammad Landy Haekal Aldriana², Yani Maharani¹, dan Sri Hartati¹

¹Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: hersanti16@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 13-12-2024 Direvisi: 19-05-2025 Dipublikasi: 31-05-2025	The effectiveness of a mixture of nano chitosan and nano silica in suppressing <i>Alternaria porri</i> and purple blotch disease on shallot plants
Keywords: Colony growth, Conidial germination, Nano material, Natural fungicide	<i>Alternaria porri</i> is a fungal pathogen that causes purple blotch disease on shallot plants, leading to yield losses exceeding 57%. Chitosan and silica are naturally derived materials that have potential as sustainable fungicides. The application of nanotechnology in the development of bio-fungicides aims to reduce the particle size of the materials, thereby enhancing their absorption by plants and improving their efficiency and effectiveness. This study was objected to determine the effective concentration of a nano-chitosan and nano-silica mixture in inhibiting <i>A. porri</i> colony growth (in vitro) and suppressing purple blotch disease on shallots (in vivo). The in vitro test was arranged in the Completely Randomized Design (CRD), while the in vivo test in the Randomized Block Design (RBD). The treatments included applications of a 1:1 mixture of nano-materials along with controls and comparison treatments of 100 ppm nano-chitosan, 100 ppm nano-silica, nano-chitosan and nano-silica mixtures at four concentration levels (50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, and 300 ppm), 1% acetic acid, 80% mancozeb fungicide, and a distilled water control. Each treatment was replicated three times. The results showed that the mixture of 300 ppm nano-chitosan and 300 ppm nano-silica caused the highest inhibition of <i>A. porri</i> colony growth by 94.44%, and conidial germination by 85%, and effectively reduced purple blotch disease severity in shallot plants by 73%.
Kata Kunci: Bahan nano, Fungisida bahan alami, Perkecambahan konidia, Pertumbuhan koloni	<i>Alternaria porri</i> merupakan jamur penyebab penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah. Penyakit ini mengakibatkan kerugian lebih dari 57%. Kitosan dan silika merupakan bahan alami yang dapat digunakan sebagai fungisida bahan alam. Pemanfaatan teknologi nano dalam mengembangkan fungisida bahan alam bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel bahan tersebut, agar lebih mudah diserap oleh tanaman sehingga lebih efisien dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi campuran kitosan nano dan silika nano yang efektif dalam menekan jamur <i>A. porri</i> (<i>in vitro</i>) dan menekan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah (<i>in vivo</i>). Uji <i>in vitro</i> menggunakan Rancangan Acak Lengkap dan uji <i>in vivo</i> menggunakan Rancangan Acak Kelompok. Perlakuan yang diuji dalam percobaan meliputi aplikasi campuran bahan nano dalam perbandingan 1:1 serta kontrol dan pembanding meliputi kitosan nano 100 ppm, silika nano 100 ppm, campuran kitosan nano dan silika nano pada empat tingkat konsentrasi (50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm), asam asetat 1%, fungisida mankozeb

80%, serta kontrol akuades. Setiap perlakuan diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm mampu menyebabkan penekanan tertinggi terhadap pertumbuhan koloni *A. porri* sebesar 94,44% dan perkecambahan konidia sebesar 85%, serta paling efektif menekan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah sebesar 73%.

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang diminati oleh masyarakat karena digunakan sebagai bumbu penyedap alami masakan. Menurut BPS (2022), produksi bawang merah di Indonesia pada tahun 2022 sebesar 1,98 juta ton, mengalami penurunan dibandingkan tahun 2021 yang produksinya mencapai 2 juta ton. Terdapat beberapa penyebab penurunan produksi bawang merah, salah satunya dapat disebabkan oleh penyakit tanaman.

Penyakit yang sering ditemukan pada tanaman bawang merah di antaranya penyakit bercak ungu, penyakit antraknosa, penyakit embun bulu, penyakit bercak daun, dan penyakit layu fusarium (Udiarto dkk., 2005). Penyakit bercak ungu yang disebabkan oleh jamur *Alternaria porri* dapat mengakibatkan kehilangan hasil panen bawang merah hingga 57% (Laksono dkk., 2021). Jamur ini umumnya menyerang tanaman genus *Allium* pada saat tanaman membentuk umbi, namun pada keadaan yang dapat mendukung perkembangan penyakit, seperti saat musim hujan, tanaman yang masih muda pun dapat terserang (Nirwanto, 2008).

Pengendalian penyakit bercak ungu dapat dilakukan dengan menggunakan fungisida sintetik. Namun, penggunaan fungisida sintetik dapat menyebabkan tercemarnya lingkungan, residu yang tertinggal pada tanaman akan berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Fahrin dkk., 2018). Kitosan dan silika merupakan bahan alam yang dapat dipergunakan untuk mengendalikan jamur patogen tanaman secara ramah lingkungan. Kitosan mampu menginduksi ekspresi enzim kitinase pada jamur patogen. Enzim ini berperan dalam degradasi kitin, komponen utama dinding sel jamur, sehingga merusak integritas dinding sel dan menghambat pertumbuhan jamur (Leuba, 1986). Silika merupakan salah satu senyawa yang dapat mengurangi stres yang disebabkan oleh lingkungan serta berfungsi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap jamur dan bakteri patogen (Wang *et al.*, 2017).

Saat ini, kitosan telah dikembangkan menjadi berukuran partikel nano. Kitosan berukuran nano meningkatkan daya serap serta efektivitasnya sebagai agen antibakteri dan antijamur dibandingkan dengan kitosan berukuran konvensional. Keunggulan ini disebabkan oleh kemampuannya yang lebih besar dalam menempel dan berinteraksi dengan dinding sel patogen, karena ukuran partikelnya yang kecil dan muatan positifnya yang tinggi, yang selaras dengan peningkatan daya kelarutannya (Ing *et al.*, 2012). Kitosan berukuran nano dapat meningkatkan kelarutan, stabilitas, dan efektivitasnya dalam mengendalikan organisme sasaran (Ariningsih, 2016). Menurut Al-Tamimi *et al.* (2020), nano-kitosan pada konsentrasi 6000 ppm mampu menekan pertumbuhan *Alternaria solani* sebesar 93,88%, sedangkan nano-kitosan 1000 ppm yang dikombinasikan dengan tembaga efektif menghambat penyakit antraknosa pada tanaman cabai hingga 42,3%.

Silika telah diformulasikan dalam bentuk nanopartikel untuk meningkatkan efektivitasnya. Dalam ukuran nano, menurut penelitian Ishlah dkk. (2022), silika juga mampu meningkatkan ketahanan dan menurunkan intensitas penyakit moler pada tanaman bawang merah. Sharon *et al.* (2010) menyatakan bahwa silika nano 100 ppm dengan campuran perak mampu menghambat *Xanthomonas compestris* pv. *vesicatoria* sebesar 100% secara *in vitro*. Berdasarkan potensi yang dimiliki kitosan nano dan silika nano, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan konsentrasi campuran kitosan nano dan silika nano yang efektif dalam menekan jamur *A. porri* (*in vitro*) dan menekan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah (*in vivo*).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Percobaan dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Juli 2024 di Laboratorium Fitopatologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kaca Ciparanje, Fakultas

Pertanian, Universitas Padjadjaran. Kitosan nano dan silika nano diperoleh dari *Functional Nano Powder University Center of Excellence* (Finder U-CoE) Universitas Padjadjaran.

Rancangan Perlakuan

Uji penekanan pertumbuhan jamur *A. porri* dan pekecambahan konidia menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan uji penekanan penyakit bercak ungu menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Terdapat 9 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang diuji adalah aplikasi kitosan nano dan silika nano dengan komposisi dan konsentrasi sebagai berikut:

- A : Kontrol 1 (akuades)
- B : Kontrol 2 (asam asetat 1%)
- C : Kitosan nano 100 ppm
- D : Silika nano 100 ppm
- E : Campuran kitosan nano 50 ppm dan silika nano 50 ppm
- F : Campuran kitosan nano 100 ppm dan silika nano 100 ppm
- G : Campuran kitosan nano 200 ppm dan silika nano 200 ppm
- H : Campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm
- I : Fungisida mankozeb 80 % (pembanding)

Kontrol 1 merupakan perlakuan tidak menggunakan kitosan dan silika. Kontrol 2 merupakan perlakuan pelarut dari kitosan yaitu asam asetat, sedangkan pelarut silika yaitu akuades. Asam asetat digunakan sebagai kontrol agar terlihat bahwa data yang diperoleh adalah disebabkan kitosan nano sebagai bahan fungisida alami, dan bukan akibat asam asetat.

Data hasil percobaan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA). Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 21. Jika hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 5%.

Penyiapan isolat jamur *A. porri*

Isolat *A. porri* yang digunakan berasal dari Badan Standarisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Tanaman Sayuran berupa biakan pada *potato dextrose agar* (PDA). Biakan jamur tersebut diremajakan terlebih dahulu, lalu dilakukan perbanyakan dengan menggunakan media PDA. Peremajaan dan perbanyakan isolat dilakukan dengan meletakkan sebanyak satu potongan biakan

A. porri yang diperoleh dari biakan sebelumnya, menggunakan *cork borer* berukuran 5 mm, pada bagian tengah media PDA. Kemudian diinkubasi hingga seluruh permukaan media tertutupi jamur. Pengujian kemampuan penekanan pertumbuhan koloni jamur dilakukan dengan menggunakan *A. porri* yang telah diremajakan.

Adapun untuk pengujian penekanan perkecambahan, konidia *A. porri* yang digunakan diperoleh dari bawang merah bergejala penyakit bercak ungu yang diperoleh dari Desa Panundaan, Kecamatan Ciwidey, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Daun bawang merah yang bergejala dan mempunyai tanda berupa kumpulan konidia berwarna hitam dipotong menjadi 6 potongan dengan ukuran sekitar 2 cm dan digojok menggunakan *vortex mixer* hingga konidia terlepas. Kerapatan konidia dari suspensi jamur *A. porri* dihitung menggunakan *haemocytometer* pada mikroskop dengan perbesaran 100x hingga kerapatan suspensi konidia 10^7 konidia/ml.

Uji Kemampuan Kitosan Nano dan Silika Nano dalam Menekan Pertumbuhan Jamur *A. porri* *in Vitro*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *poisoned food* (Suganda dkk., 2022). Pada metode ini, pembuatan campuran kitosan nano dan silika nano berasal dari larutan induk dengan konsentrasi masing-masing 2700 ppm. Larutan induk kitosan nano dan silika nano dicampurkan dengan media PDA hingga konsentrasinya sesuai konsentrasi perlakuan. Media campuran kemudian dituangkan ke dalam cawan Petri dan dibiarkan hingga memadat. Media ini kemudian digunakan untuk menumbuhkan jamur *A. porri*, yang diambil dari biakan pada PDA berumur 14 hari menggunakan *cork borer* berdiameter 5 mm, lalu diletakkan di bagian tengah cawan Petri. Setelah itu, diinkubasi pada suhu ruang. Setiap perlakuan pada satu ulangan terdapat dua cawan Petri. Perhitungan persentase penekanan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penekanan} = \frac{dk - dp}{dk} \times 100\%$$

Keterangan:

dk = Diameter koloni jamur pada kontrol

dp = Diameter koloni jamur pada perlakuan

Uji Kemampuan Kitosan Nano dan Silika Nano Menekan Perkecambahan Konidia Jamur *A. porri*

Pengujian penekanan perkecambahan konidia *A. porri* dilakukan menggunakan metode Yulia dkk.

(2016) dengan menyiapkan suspensi konidia dengan kerapatan 10^7 konidia/ml terlebih dahulu. Penghambatan perkecambahan konidia dilakukan dengan mencampurkan suspensi konidia kerapatan 10^7 konidia/ml dan *water agar* 3% (perbandingan 1:1) pada suhu 45°C yang dituangkan ke dalam cawan Petri dan dibiarkan hingga memadat. Kemudian, agar-konidia dilubangi menggunakan *cork borer* dengan ukuran 5 mm yang diletakkan pada *object glass*. Permukaan agar-konidia diberi perlakuan yang diuji masing-masing 10 μl lalu ditutup dengan *cover glass*. Perlakuan agar-konidia disimpan pada boks steril bening yang diberi alas tisu lembab serta diinkubasi selama 24 jam dalam suhu ruang. Setelah itu, dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x. Persentase perkecambahan konidia dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Suganda dkk., 2022):

$$K = \frac{\Sigma \text{Kontrol} - \Sigma \text{Perlakuan}}{\Sigma \text{Kontrol}} \times 100\%$$

Keterangan:

K = Persentase perkecambahan konidia (%)
 Σ Kontrol = Jumlah konidia berkecambah pada kontrol akuades
 Σ Perlakuan = Jumlah konidia berkecambah pada setiap perlakuan

Uji Kemampuan Kitosan Nano dan Silika Nano Menekan Penyakit Bercak Ungu pada Tanaman Bawang Merah secara *In Vivo*

Pengujian daya hambat penyakit bercak ungu merujuk pada metode Hersanti dkk. (2019) dan Suryadi dkk. (2019) dengan modifikasi beberapa bagian. Pengujian dilakukan dengan memotong 10 umbi bawang merah (varietas Bima Brebes) pada 1/3 bagian. Bawang yang telah dipotong, direndam selama 10 menit dalam masing-masing perlakuan yang diuji yaitu kitosan nano dan silika nano baik secara tunggal maupun campuran, asam asetat, akuades, dan mankozeb. Bawang merah yang telah direndam, ditanam pada media tanam yang merupakan campuran tanah, arang sekam, dan pupuk kandang ayam. Selanjutnya suspensi bahan perlakuan sisa perendaman disiramkan sebanyak 10 ml ke sekitar lubang tanam umbi bawang merah. Inokulasi dilakukan pada daun bawang merah berumur dua minggu setelah tanam (MST) dengan cara dilukai menggunakan jarum, lalu ditempelkan potongan biakan *A. porri* yang dibalut *cling wrap* untuk menjaga posisi inokulum tetap menempel. Tanaman

uji kemudian disungkup dengan plastik transparan selama 3 hari. Setelah gejala penyakit bercak ungu muncul, tanaman disemprot satu kali dengan suspensi perlakuan sebanyak 10 ml. Sebanyak tujuh kali pengamatan dilakukan dengan interval tiga hari sekali sejak munculnya gejala bercak ungu pada tanaman bawang merah. Keparahan penyakit diamati menggunakan skoring sebagai berikut (Hersanti dkk., 2019):

0 : Tidak ada gejala

1 : Luas daun bergejala sebesar $0 < X \leq 12\%$

2 : Luas daun bergejala sebesar $12 < X \leq 25\%$

3 : Luas daun bergejala sebesar $25 < X \leq 50\%$

4 : Luas daun bergejala sebesar $50 < X \leq 75\%$

5 : Luas daun bergejala sebesar $75 < X \leq 100\%$

Nilai skoring yang diperoleh digunakan untuk mendapatkan intensitas penyakit. Dikutip dari Hersanti dkk. (2019) rumus untuk menghitung intensitas penyakit:

$$IP = \frac{\Sigma(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan:

IP = Intensitas Penyakit (%)

n = Jumlah tanaman dengan skor yang sama

v = Nilai skor tingkat keparahan penyakit

N = Jumlah tanaman sampel

Z = Skor tertinggi

Data intensitas yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung nilai *Area Under Disease Progress curve* (AUDPC). Perhitungan AUDPC (Campbell & Madden, 1990) sebagai berikut:

$$AUDPC = \sum_i^{n-1} \left[\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right] (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan:

Y_i = Intensitas penyakit pada saat i

Y_{i+1} = Intensitas penyakit pada saat i+1

t_i = Beda waktu antar pengamatan

t_{i+1} = Waktu pengamatan saat i+1

n = Waktu pengamatan

i = Pengamatan ke- (1, 2, 3, ... dst.)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Campuran Kitosan Nano dan Silika Nano Menekan Pertumbuhan Jamur *A. porri* *in Vitro*

Hasil percobaan (Tabel 1) menunjukkan bahwa perlakuan asam asetat, kitosan nano, dan silika nano baik secara tunggal maupun campuran memberikan efek penekanan pertumbuhan koloni

jamur *A. porri* yang berbeda nyata secara statistik dengan perlakuan kontrol hanya akuades. Perlakuan campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm memiliki daya hambat tertinggi, yaitu sebesar 94,4%. Hasil ini sama dengan perlakuan fungisida mankozeb 80% dan kontrol asam asetat 1%.

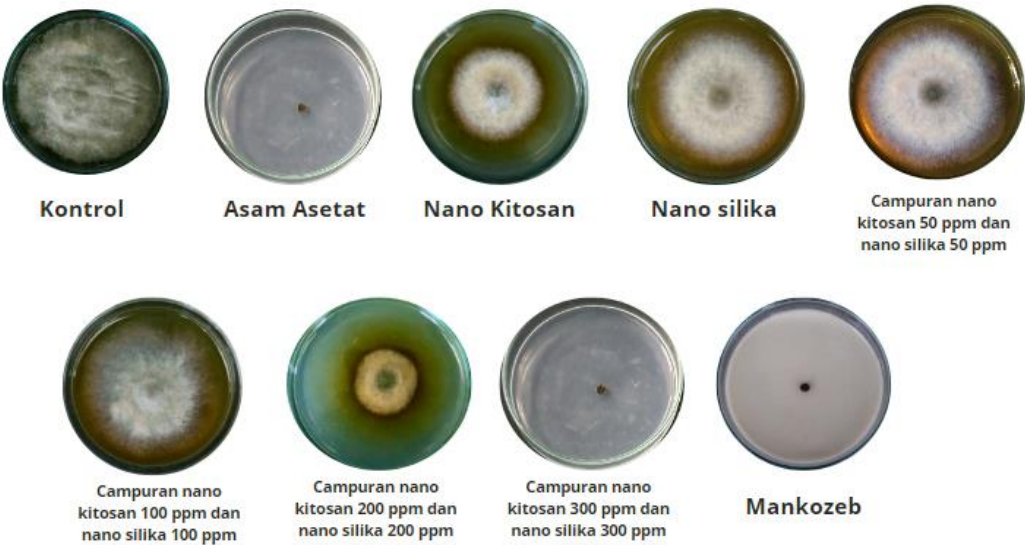
Tabel 1. Diameter koloni dan persentase penekanan pertumbuhan koloni *A. porri*

Perlakuan	Diameter koloni (cm)	Penekanan pertumbuhan (%)
Kontrol 1 (akuades)	9 h	-
Kontrol 2 (asam asetat 1%)	0,5 a	94,4
Kitosan nano 100 ppm	4,2 c	53,7
Silika nano 100 ppm	7,2 e	20,4
Campuran kitosan nano 50 ppm dan silika nano 50 ppm	7,6 f	15,6
Campuran kitosan nano 100 ppm dan silika nano 100 ppm	5,1 d	43
Campuran kitosan nano 200 ppm dan silika nano 200 ppm	2,6 b	70,7
Campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm	0,5 a	94,4
Fungisida mankozeb (80%)	0,5 a	94,4

Keterangan: Angka pada kolom 3 yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5%.

Penampakan koloni *A. porri* pada media PDA akibat perlakuan yang diuji terdapat pada Gambar 1. Penekanan diameter koloni *A. porri* yang tinggi pada perlakuan campuran kitosan nano dan silika nano disebabkan oleh kandungan senyawa dari campuran bahan tersebut. Penekanan pertumbuhan koloni *A. porri* yang tertinggi terdapat pada campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm. Aktivitas antifungi dari kitosan nano disebabkan oleh interaksinya dengan sel jamur, yang merangsang produksi enzim kitinase serta melepaskan produk degradasi seperti polimer D-glukosamin, yang diketahui memiliki efek toksik terhadap patogen jamur (Rogis *et al.* 2007). Enzim kitinase mengakibatkan kitosan terurai menjadi senyawa D-

glukosamin yang akan mengurai kitin pada dinding hifa jamur sehingga terjadi lisis dan pertumbuhan jamur terhambat. Silika berperan dalam mengaktifkan enzim pertahanan tanaman, seperti β -1,3-glukanase, yang berfungsi memperlambat pertumbuhan jamur (Wang *et al.*, 2017). Menurut Abdelrhim *et al.* (2021), aplikasi silika nano (SiO₂-NPs) secara tunggal mampu menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia solani*, patogen penyebab penyakit rebah kecambah pada tanaman gandum. Sejalan dengan temuan tersebut, kombinasi antara kitosan nano dan silika nano memiliki potensi dalam menurunkan diameter koloni serta menyebabkan kerusakan pada morfologi dan ultrastruktur patogen (Hersanti dkk., 2024).

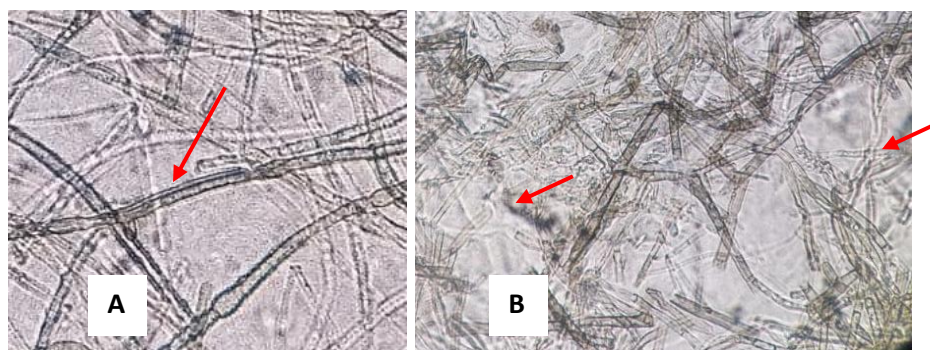


Gambar 1. Koloni jamur *A. porri* pada PDA + berbagai perlakuan yang diuji pada hari ke-14.

Penekanan pertumbuhan koloni *A. porri* yang tertinggi juga terjadi pada perlakuan asam asetat 1% dengan tingkat penghambatan sebesar 94,4%. Asam asetat merupakan bahan yang digunakan untuk melarutkan kitosan nano. Kadar pH rendah dari asam asetat, yaitu sekitar 3, dapat menghambat pertumbuhan *A. porri*. Hasil ini didukung oleh penelitian Kumar *et al.* (2021) bahwa pH optimal bagi pertumbuhan jamur ini berada pada kisaran 7–9. Dengan demikian, kondisi lingkungan yang terlalu asam menyebabkan jamur tidak dapat tumbuh secara normal pada media. Meskipun perlakuan asam asetat 1% menyebabkan penekanan yang signifikan terhadap penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah (Tabel 1), efektivitasnya paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian penyakit lebih disebabkan oleh aktivitas nano-kitosan dibandingkan oleh asam asetat sebagai pelarut.

Perlakuan fungisida berbahan aktif mankozeb menunjukkan daya hambat tertinggi pula terhadap pertumbuhan *A. porri*, yaitu sebesar 94,4%.

Efektivitas ini berkaitan dengan kemampuannya dalam menghambat perkecambahan konidia, yang selanjutnya mencegah penetrasi patogen ke jaringan tanaman (Gondal *et al.*, 2012). Hasil pengamatan secara mikroskopis menunjukkan adanya hifa yang mengkerut dan dinding sel menipis (Gambar 2). Pada perlakuan kontrol, hifa berbentuk normal dengan bentuk lurus dan tidak putus. Pada perlakuan campuran kitosan nano dan silika nano, hifa jamur *A. porri* mengkerut. Menurut Wahyuni dkk. (2020) terjadinya kerutan pada hifa disebabkan adanya senyawa yang dikandung kitosan yang mampu merusak dinding sel jamur. Albalawi *et al.* (2022) mengevaluasi efektivitas nanopartikel silika biosintesis dalam mengendalikan penyakit bercak daun (*A. solani*) pada tanaman terung. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa aplikasi SiO₂-NPs meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD) dan polifenol oksidase (PPO), serta meningkatkan kandungan prolin dan fenol total. Peningkatan ini berkontribusi pada penguatan sistem pertahanan tanaman terhadap infeksi jamur.



Gambar 2. Hifa jamur *A. porri* pada perlakuan campuran kitosan nano dan silika nano pada perbesaran 400x. (A) Hifa normal, (B) Hifa mengkerut dan menipisnya dinding sel.

Kemampuan Campuran Kitosan Nano dan Silika Nano menghambat Perkecambahan Konidia Jamur *A. porri*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa campuran kitosan nano dan silika nano mampu menekan perkecambahan konidia *A. porri* (Tabel 2). Konidia yang berkecambah terdapat pada Gambar 3. Persentase penghambatan perkecambahan konidia *A. porri* tertinggi diperoleh pada perlakuan asam asetat 1% dan fungisida mankozeb 80%, yaitu sebesar 85%. Sementara itu, penghambatan juga terjadi pada perlakuan campuran kitosan nano dan silika nano, dengan penghambatan tertinggi ditunjukkan oleh kombinasi 300 ppm kitosan nano dan 300 ppm silika nano.

Kitosan diketahui mampu berinteraksi dengan komponen bermuatan negatif pada permukaan spora atau konidia jamur, menyebabkan peningkatan permeabilitas membran dan kebocoran isi sel (Badawy & Rabea, 2011). Sementara itu, silika nano bekerja dengan cara merusak struktur luar sel dan menginduksi stres oksidatif melalui pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS), yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan dan perkembangan patogen (Wang *et al.*, 2022). Efektivitas kombinasi keduanya dalam menghambat perkecambahan konidia juga telah dilaporkan oleh Fitriani dkk. (2023), yang menunjukkan bahwa perlakuan ini dapat menurunkan viabilitas spora dan mengganggu proses germinasi secara signifikan.

Tabel 2. Jumlah konidia *A. porri* yang berkecambah dan penghambatannya

Perlakuan	Rata-rata perkecambahan	Penghambatan (%)
Kontrol 1 (akuades)	11,3 d	-
Kontrol 2 (asam asetat 1%)	1,7 a	85
Kitosan nano 100 ppm	4,7 bc	59
Silika nano 100 ppm	6,3 c	44
Campuran kitosan nano 50 ppm dan silika nano 50 ppm	5,7 bc	50
Campuran kitosan nano 100 ppm dan silika nano 100 ppm	4,3 bc	62
Campuran kitosan nano 200 ppm dan silika nano 200 ppm	3,7 ab	68
Campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm	1,7 a	85
Fungisida mankozeb (80%)	1,7 a	85

Keterangan: Angka pada kolom 3 yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5%.



Gambar 3. Konidia jamur *A. porri* perbesaran 400x. (A) Konidia tidak berkecambah, (B) Konidia berkecambah pada perlakuan kontrol.

Kemampuan Campuran Kitosan Nano dan Silika Nano dalam Menekan Intensitas Penyakit Bercak Ungu pada Tanaman Bawang Merah

Pada penelitian ini, gejala bercak ungu mulai terlihat pada hari ke-4 setelah inokulasi berupa bintik kecil berwarna putih sampai kelabu dan melengkung ke dalam. Bercak mulai melebar sehingga bercak menjadi warna keunguan dan bagian daun sekitar bercak berwarna kuning (Gambar 4). Hal ini sesuai dengan pernyataan Hersanti dkk. (2019) gejala bercak ungu diawali dengan adanya bintik-bintik kecil berjumlah banyak dan tidak beraturan, berwarna putih, serta melengkung ke dalam. Bercak nekrotik tersebut kemudian melebar, disertai dengan bagian tengah berwarna coklat dengan tepi berwarna kuning.

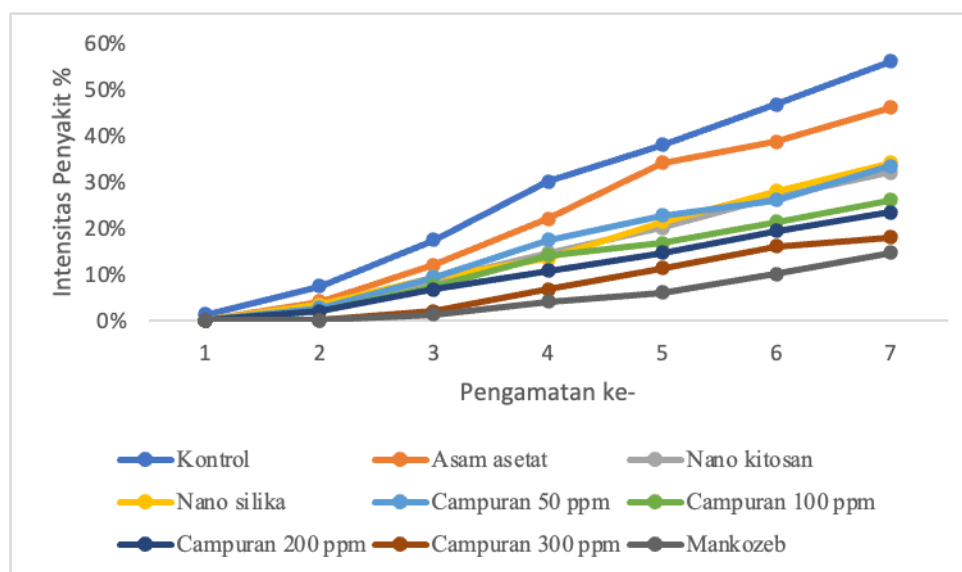


Gambar 4. Gejala bercak ungu pada daun bawang merah.

Hasil perhitungan intensitas penyakit bercak ungu yang dilakukan 7 kali dengan interval 3 hari sekali terdapat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 peningkatan intensitas penyakit bercak ungu mulai terlihat pada pengamatan ke-2 pada hampir semua perlakuan, kecuali pada perlakuan campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm serta perlakuan fungisida mankozeb. Pada pengamatan ke-3, intensitas penyakit mengalami peningkatan pada seluruh perlakuan.

Hal ini konsisten dengan uji *in vitro* di mana kedua perlakuan tersebut memberikan penekanan yang tinggi terhadap *A. porri*. Perlakuan yang tidak konsisten terdapat pada perlakuan asam asetat 1% dengan penghambatan pertumbuhan koloni mencapai 95% dan penghambatan perkecambahannya mencapai 85%, namun intensitas penyakit cukup tinggi, mencapai 40%.

Pada Tabel 3, terdapat nilai AUDPC dan persentase penekanan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah. Setiap perlakuan yang diuji menunjukkan nilai AUDPC yang berbeda nyata dengan kontrol. Semakin rendah nilai AUDPC semakin tinggi penghambatan penyakit akibat perlakuan yang diuji.



Gambar 5. Grafik intensitas penyakit bercak ungu pada bawang merah.

Tabel 3 Nilai AUDPC dan persentase penekanan penyakit bercak ungu

Perlakuan	AUDPC	Penekanan penyakit (%)
Kontrol 1 (akuades)	504 f	-
Kontrol 2 (asam asetat 1%)	401 e	20
Kitosan nano 100 ppm	268 cd	47
Silika nano 100 ppm	277 cd	45
Campuran kitosan nano 50 ppm dan silika nano 50 ppm	284 d	44
Campuran kitosan nano 100 ppm dan silika nano 100 ppm	223 bc	56
Campuran kitosan nano 200 ppm dan silika nano 200 ppm	195 b	61
Campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm	135 a	73
Fungisida mankozeb (80%)	86 a	83

Keterangan: Angka pada kolom 3 yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5%.

Nilai AUDPC terendah diperoleh pada perlakuan campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm—yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida mankozeb, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi kitosan nano dan silika nano pada konsentrasi tersebut paling tinggi dalam menekan penyakit bercak ungu dibandingkan aplikasi tunggalnya. Simko dan Piepho (2012) menyatakan bahwa semakin rendah nilai AUDPC, maka semakin efektif suatu perlakuan dalam menekan perkembangan penyakit tanaman.

Penekanan intensitas penyakit bercak ungu yang tinggi terdapat pada perlakuan mankozeb dan campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm yaitu sebesar 83% dan 73%. Kemampuan kedua bahan tersebut dalam menekan penyakit bercak ungu yang sebanding dengan mankozeb karena dapat berperan sebagai agen penginduksi ketahanan tanaman (elicitor). Kitosan dan silika mampu memicu

ekspresi gen pertahanan tanaman dan meningkatkan produksi enzim seperti peroksidase dan fenilalanin amonia liase (PAL), yang terlibat dalam pembentukan senyawa antimikroba alami (Dutta *et al.*, 2022). Hassan *et al.* (2022) menyatakan bahwa kitosan nano dapat meningkatkan ketahanan tanaman serta menurunkan keparahan penyakit dengan cara mengurangi inokulum dan infeksi jamur patogen, serupa dengan mekanisme kerja fungisida. Selain itu, silika nano mampu memperkuat jaringan serta meningkatkan ketahanan tanaman. Menurut penelitian Husnain (2011) unsur Si pada tanaman secara umum dapat memperbaiki fungsi fisiologi, menguatkan jaringan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Selain itu, mampu meningkatkan beberapa kandungan seperti fenol, flavonoid, dopamin, dan lignin atau membentuk enzim, hormon, dan senyawa antijamur seperti aglikon dan fitoaleksin yang mampu meningkatkan resistensi dan toleransi tanaman

terhadap serangan patogen, sehingga meskipun terserang namun kerusakannya tidak akan tinggi (Ishlah dkk., 2022).

Efektivitas campuran kitosan nano dan silika nano diduga berasal dari sifat antimikroba yang dimiliki oleh kedua bahan tersebut. Studi oleh Hernández-Lauzardo *et al.* (2023) mengevaluasi aktivitas antijamur kitosan nano terhadap *Colletotrichum musae* dan *Colletotrichum chrysophilum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan nano bekerja dengan mengubah struktur dinding sel dan membran plasma jamur tanpa menimbulkan stres oksidatif yang signifikan, sehingga menghambat pertumbuhan jamur melalui gangguan struktural, bukan dengan membunuhnya secara langsung. Sementara aktivitas antijamur silika nano dievaluasi oleh Noman *et al.* (2024) menunjukkan aplikasi silika nanoparticles (SiNPs) pada tanaman *Arabidopsis thaliana* dapat meningkatkan ketahanan terhadap patogen dengan mengaktifkan jalur pertahanan tanaman, termasuk peningkatan aktivitas enzim antioksidan dan ekspresi gen terkait ketahanan. SiNPs ini tidak membunuh patogen secara langsung, tetapi memperkuat sistem pertahanan tanaman, menjadikannya lebih tahan terhadap serangan patogen.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa campuran kitosan nano 300 ppm dan silika nano 300 ppm mampu menyebabkan penekanan tertinggi terhadap pertumbuhan koloni *A. porri* sebesar 94,44% dan perkecambahan konidia sebesar 85%, serta paling efektif menekan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah sebesar 73%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Rerktor Universitas Padjadjaran yang telah mendanai penelitian ini melalui program Academic Leadership Grant tahun 2024 dengan nomor kontrak 1457/UN6.3.1/PT.00/2024.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelrhim, AS, YSA Mazrou, Nehela, OO Atallah, RM El-Ashmony, and MFA Dawood. 2021. Silicon dioxide nanoparticles induce innate

immune responses and activate antioxidant machinery in wheat against *Rhizoctonia solani*. Plants (Basel, Switzerland). 10(12): 2758. DOI: 10.3390/plants10122758 .

Albalawi, MA, AM Abdelaziz, MS Attia, E Saied, HH Elganzory, and AH Hashem. 2022. Mycosynthesis of silica nanoparticles using *Aspergillus niger*: Control of *Alternaria solani* causing early blight disease, induction of innate immunity and reducing of oxidative stress in eggplant. Antioxidants. 11(12): 2323. DOI: 10.3390/antiox11122323.

Al-Tamimi, QAA, HZ Hussein, and AM Ali. 2020. The efficacy test of nano chitosan and phylex in resistance early blight disease in tomato caused by *Alternaria solani* fungus. International Journal of Pharmaceutical Research. 12(1): 2209–2220. DOI: 10.31838/ijpr/2020.12.01.345.

Ariningsih, E. 2016. Prospek penerapan teknologi nano dalam pertanian dan pengolahan pangan di Indonesia. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 34(1): 1–20. DOI: 10.21082/fae.v34n1.2016.1–20.

[BPS] Badan Pusat Statistik Indonesia. 2022. Produksi Tanaman Sayuran Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman, 2022. Tersedia online pada <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/produksi-tanaman-sayuran-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman--2022.html?year=2022>.

Badawy, MEI, and EI Rabea. 2011. A biopolymer chitosan and its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection. International Journal of Carbohydrate Chemistry. 2011: 1–29. DOI: 10.1155/2011/460381.

Campbell, CL, and LV Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Sons. New York.

Dutta, P, S Kumari, M Mahanta, KK Biswas, A Dudkiewicz, D Thakuria, AS Abdelrhim, SB Singh, G Muthukrishnan, KG Sabarinathan, MK Mandal, and N Mazumdar. 2022. Advances in nanotechnology as a potential alternative for plant viral disease management. Frontiers in Microbiology. 13: 935193. DOI: 10.3389/fmicb.2022.935193.

Fahrudin, M, J Panggeso, dan Rosmini. 2018. Efikasi ekstrak daun sirih terhadap *Alternaria porri* penyebab penyakit bercak ungu pada bawang

- merah secara *in vitro*. Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian. 6(6): 757–763.
- Fitriani, S, S Pramudji, dan D Suryanto. 2023. Efektivitas kombinasi nano kitosan dan nano silika terhadap pertumbuhan jamur patogen tanaman hortikultura. Jurnal Perlindungan Tanaman Tropika. 26(1): 55–62. DOI: 10.22146/jptt.75532.
- Gondal, A, M Ijaz, K Riaz, and A Khan. 2012. Effect of different doses of fungicide (mancozeb) against alternaria leaf blight of tomato in Tunnel. Journal of Plant Pathology & Microbiology. 3(3): 1000125. DOI: 10.4172/2157-7471.1000125.
- Hassan, EO, T Shoala, AMF Attia, OAM Badr, SYM Mahmoud, ESH Farrag, and IAI El-Fiki. 2022. Chitosan and nano-chitosan for management of *Harpophora maydis*. Approaches for investigating antifungal activity, pathogenicity, maize-resistant lines, and molecular diagnosis of plant infection. Journal of Fungi. 8(5): 509. DOI: 10.3390/jof8050509.
- Hernández-López, NA, M Plascencia-Jatomea, CL Del-Toro-Sánchez, CM López-Saiz, S Morales-Rodríguez, MÁ Martínez-Téllez, and EA Quintana-Obregón. 2025. Antifungal activity of nanochitosan in *Colletotrichum musae* and *Colletotrichum chrysophilum*. Polysaccharides. 6(1): 4. DOI: 10.3390/polysaccharides6010004.
- Hersanti, S Sudarjat, dan A Damayanti. 2019. Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. dalam silika nano dan serat karbon untuk menginduksi ketahanan bawang merah terhadap penyakit bercak ungu (*Alternaria porri* (Ell.) Cif). Jurnal Agrikultura. 30(1): 8–16. DOI: 10.24198/agrikultura.v30i1.22698.
- Hersanti, N Febrianti, dan L Djaya. 2023. Keefektifan kitosan nano dan silika nano menekan pertumbuhan *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit moler pada bawang merah. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 19(6): 265–275. DOI: 10.14692/jfi.19.6.265.
- Hersanti, A Arisaputri, dan N Istifadah. 2024. Uji kitosan nano dan silika nano untuk menekan pertumbuhan *Rhizoctonia solani* dan penyakit rebah semai padi. Jurnal Agrikultura. 35(1): 30–38. DOI: 10.24198/agrikultura.v35i1.50758.
- Husnain, A Kasno, dan S Rochayati. 2016. Pengelolaan Hara dan Teknologi Pemupukan Mendukung Swasembada Pangan di Indonesia. Jurnal Sumberdaya Lahan. 10(1): 25–36. DOI: 10.2017/jsdl.v10n1.2016.%p.
- Ing, LY, NM Zin, A Sarwar, and H Katas. 2012. Antifungal activity of chitosan nanoparticles and correlation with their physical properties. International Journal of Biomaterials. 2012: 632698. DOI: 10.1155/2012/632698.
- Ishlah, MA, BA Kristanto, dan F Kusmiyati. 2022. Pengaruh *Trichoderma harzianum* dan silika nano terhadap penyakit moler dan produksi bawang merah. Agrotechnology Research Journal. 6(2): 118–126. DOI: 10.20961/agrotechresj.v6i2.65179.
- Kumar, D, SL Godara, AK Meena, and M Partap. 2021. Nutritional and physiological requirement of *Alternaria porri* (Ellis) Cif causing purple blotch of onion. Chemical Science International Journal. 30(12): 33–38. DOI: 10.9734/csji/2021/v30i1230269.
- Laksono, A, JG Sunaryono, dan R Despita. 2021. Uji Antagonis *Pseudomonas fluorescens* untuk Mengendalikan Penyakit Bercak Ungu Pada Tanaman Bawang Merah. Agroekoteknologi. 14(1): 35–40. DOI: 10.21107/agrovigor.v14i1.8327.
- Leuba, JL. 1986. Chitosan and other polyamines: Antifungal activity and interaction with biological membrane. Pp. 279–286 In Chitin in Nature and Technology (R Muzzarelli, C Jeuniaux, GW Gooday, Eds.). Springer. Boston.
- Nirwanto, H. 2008. Kajian Aspek Spasial Penyakit Bercak Ungu (*Alternaria porri* Cif. (Ell) pada Tanaman Bawang Merah. Pertanian Mapeta. 10(3): 211–217.
- Noman, M, T Ahmed, J Wang, M Ijaz, M Shahid, MS Islam, Azizullah, I Manzoor, D Li, and F Song. 2023. Nano-enabled crop resilience against pathogens: Potential, mechanisms and strategies. Crop Health. 1: 15. DOI: 10.1007/s44297-023-00015-8.
- Rogis, A, T Pamekas, dan Mucharromah. 2007. Karakteristik dan uji efikasi senyawa bahan alami chitosan terhadap patogen pasca panen antraknosa *Colletotrichum musae*. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. 9(1):58–63.
- Sharon, M, Choudhary, KR Ajoy, and R Kumar. 2010. Nanotechnology in agricultural diseases and food safety. Journal of Phytology. 2(4): 83–92.
- Simko, I, and HP Piepho. 2012. The area under the

- disease progress stairs: Calculation, advantage, and application. *Phytopathology*. 102(4): 381–389. DOI: 10.1094/PHYTO-07-11-0216.
- Suganda, T, RB Fahmi, dan Y Hidayat. 2022. Uji keefektifan ekstrak air biji adas dalam menekan pertumbuhan koloni, produksi, dan perkecambahan konidia jamur *Alternaria solani*, penyebab penyakit bercak coklat pada tanaman tomat. *Jurnal Agrikultura*. 33(2): 170–177. DOI: 10.24198/agrikultura.v33i2.38940.
- Suryadi, Y, D Susilowati, IM Samudra, dan TP Priyatno. 2019. Pengaruh aplikasi kitosan antifungi untuk pengendalian penyakit antraknosa pada cabai. *Jurnal Pertanian Tropik*. 6(1): 108–118. DOI: 10.32734/jopt.v6i1.3047.
- Udiarto, BK, W Setiawati, dan E Suryaningsih. 2005. Pengenalan Hama dan Penyakit Pada Tanaman Bawang Merah dan Pengendaliannya. Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Wahyuni, S, MA Prasetyo, DD Eris, Priyono, dan Siswanto. 2020. Sintesis dan uji in vitro penghambatan nanokitosan-Cu terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* dan *Colletotrichum capsici*. *E-Journal Menara Perkebunan*. 88(1): 52–60. DOI: 10.22302/iribb.jur.mp.v88i1.367.
- Wang, M, L Gao, S Dong, Y Sun, Q Shen, and S Guo. 2017. Role of silicon on plant–pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science*. 8: 1–14. DOI: 10.3389/fpls.2017.00701.
- Wang, L, T Pan, X Gao, J An, C Ning, S Li, and K Cai. 2022. Silica nanoparticles activate defense responses by reducing reactive oxygen species under *Ralstonia solanacearum* infection in tomato plants. *NanoImpact*. 28:100418. DOI: 10.1016/j.impact.2022.100418.
- Yulia, E, F Widiyanti, A Purnama, dan I Nurhelawati. 2016. Keefektifan ekstrak air daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) dalam menekan pertumbuhan koloni dan perkecambahan konidia jamur *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknos pada cabai. *Jurnal Agrikultura*. 27(1): 16–22. DOI: 10.24198/agrikultura.v27i1.8472.