

## **Keefektifan Kitosan Nano dan Silika Nano Menekan Pertumbuhan *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Moler pada Bawang Merah**

### **Effectiveness of Nano Chitosan and Nano Silica to Suppress the Growth of *Fusarium oxysporum*, the Cause of Twisting Disease on Shallot**

**Hersanti<sup>1,2\*</sup>, Nisrina Febrianti<sup>3</sup>, Luciana Djaya<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.  
Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363.

<sup>2</sup>Functional Nano Powder University Center of Excellence (Finder U-CoE) Universitas Padjadjaran.  
Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363.

<sup>3</sup>Program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.  
Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363

(diterima Agustus 2023, disetujui Desember 2023)

#### **ABSTRAK**

Penyakit moler karena cendawan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* merupakan penyakit utama pada bawang merah. Alternatif pengendalian yang ramah lingkungan ialah penggunaan kitosan dan silika berukuran nano. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan kitosan nano dan silika nano secara tunggal maupun campurannya untuk menekan perkembangan *F. oxysporum* secara *in vitro* dan *in vivo*, serta menentukan konsentrasi yang efektif. Uji *in vitro* disusun dalam rancangan acak lengkap pada medium uji ADK, sedangkan uji *in vivo* dilakukan pada bawang merah yang ditanam pada pot plastik yang disusun menggunakan rancangan acak kelompok. Perlakuan yang diuji ialah kitosan nano tunggal (50, 100, dan 200 ppm), silika nano tunggal (50, 100, dan 200 ppm), campuran kitosan nano 50 ppm + silika nano 50 ppm, campuran kitosan nano 100 ppm + silika nano 100 ppm, kontrol, dan fungisida berbahan aktif mankozeb 80% dengan konsentrasi 200 ppm, masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Hasil percobaan didapatkan bahwa dibandingkan dengan kontrol, semua perlakuan mampu menekan pertumbuhan koloni *F. oxysporum* dan menekan perkembangan penyakit moler pada tanaman bawang merah. Aplikasi kitosan nano tunggal konsentrasi 100 ppm, dan campuran kitosan nano 100 ppm + silika nano 100 ppm menghasilkan penghambatan koloni *F. oxysporum* tertinggi, yaitu sebesar 85.2% dan 81.3%, serupa dengan aplikasi fungisida mankozeb (83.5%). Campuran kitosan nano 100 ppm dan silika nano 100 ppm efektif menekan perkembangan penyakit moler bawang merah dengan penekanan sebesar 56.3%, setara dengan fungisida mankozeb yang penekanannya 50.5%.

Kata kunci: intensitas penyakit, pengendalian ramah lingkungan, teknologi nano

#### **ABSTRACT**

Shallot twisting disease caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* is one of the major diseases on shallot. Alternative fungicides such as nano-sized chitosan and silica can be applied as environmentally friendly control methods. The objectives of this study were to evaluate the ability of a single or mixture of nano chitosan and nano silica to inhibit the *in vitro* growth of *F. oxysporum* and reduce the development

\*Alamat penulis korespondensi: Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363.  
Tel: (022) 84288890; Surel: hersanti16@unpad.ac.id

of twisting disease on shallot plants, as well as to determine their effective concentrations. The *in vitro* test was arranged in a completely randomized design, while the *in vivo* test was arranged in a randomized complete block design with 10 treatments and three replications. The treatments were application of single nano chitosan at 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, single nano silica at 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, mixture of nano chitosan 50 ppm + nano silica 50 ppm, mixture of nano chitosan 100 ppm + nano silica 100 ppm, control, and 200 ppm of fungicide mancozeb 80%. The results showed that all treatments, compared to control, were able to suppress the *in vitro* growth of *F. oxysporum* colonies, as well as the disease development on shallot plants. Application of single nano chitosan at 100 ppm, and the mixture of nano chitosan at 100 ppm + nano silica 100 ppm caused the highest inhibition of the colony growth of *F. oxysporum*, which were 85.2% and 81.3% respectively, comparable to the application of mankozeb (83.5%). The mixture of nano chitosan at 100 ppm + nano silica 100 ppm was effective in suppressing the development of shallot twisting disease on shallot plants. The suppression was 56.3%, comparable to mankozeb which was 50.5%.

Keywords: disease severity, environmentally friendly control method, nanotechnology

## PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum*) merupakan komoditas yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Permintaan dan kebutuhan bawang merah terus meningkat sehingga peningkatan produksi bawang merah harus terus dilakukan, tetapi dalam usaha peningkatan produksinya sering terkendala (Hikmahwati *et al.* 2020). Salah satu kendala dalam produksi bawang merah ialah adanya infeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (*F. oxysporum* isolat bawang merah), penyebab penyakit busuk pangkal batang atau disebut juga penyakit moler (Prakoso *et al.* 2016).

Penelitian Prakoso *et al.* (2016) menunjukkan bahwa kehilangan hasil pada bawang merah akibat penyakit ini lebih dari 50%. Penyakit ini ditemukan pada pertanaman bawang merah di lapangan ataupun selama masa penyimpanan karena *F. oxysporum*—patogen penyakit moler pada bawang merah—memiliki kemampuan membentuk klamidospora yang memungkinkan untuk bertahan hidup di dalam tanah meskipun tanpa tanaman inang dalam waktu yang cukup panjang (Udiarto *et al.* 2005).

Pengendalian penyakit moler umumnya menggunakan fungisida sintetik, namun hal tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Kitosan dan silika berukuran nano dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pengendalian yang ramah lingkungan terhadap cendawan penyebab penyakit

tanaman (Suwignyo *et al.* 2021; Wahyuni *et al.* 2022). Kitosan dapat menginduksi respons ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen (ElHadrami *et al.* 2010) dan penambahan unsur silika mampu menekan laju infeksi patogen karena tanaman memiliki dinding sel dan epidermis yang lebih tebal (Suharti *et al.* 2021).

Berdasarkan potensi yang dimiliki kitosan dan silika berukuran nano diharapkan campuran kedua bahan tersebut akan berefek sinergistik sehingga penekanan insidensi dan keparahan penyakit moler pada bawang merah menjadi lebih tinggi. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi kemampuan kitosan nano dan silika nano secara tunggal maupun campurannya untuk menekan pertumbuhan *F. oxysporum*—penyebab penyakit moler pada bawang merah—secara *in vitro* dan *in vivo*, serta untuk menentukan konsentrasinya yang efektif.

## BAHAN DAN METODE

Cendawan *Fusarium oxysporum* fs. *cepae* (kode: FocJn1) yang digunakan diambil dari umbi bawang merah varietas Bima yang menunjukkan gejala penyakit moler, yang dipanen dari lahan percobaan di Jatinangor, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Bibit bawang merah varietas Bima untuk uji *in vivo* berasal dari Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. Fungisida yang digunakan adalah yang berbahan aktif mankozeb 80% (berbentuk serbuk–WP). Suspensi kitosan nano dan

silika nano diperoleh dari *Functional Nano Powder University Center of Excellence* (Finder U-CoE) Universitas Padjadjaran. Kitosan nano yang digunakan berukuran 100–200 nm dan silika nano berukuran 58.9 nm.

Percobaan *in vitro*, disusun dalam rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan, dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan. Perlakuan yang diuji ialah penambahan formula berbentuk suspensi pada medium agar dekstrosa kentang (ADK), dengan bahan aktif berupa kitosan nano dan silika nano secara tunggal maupun campurannya, dan fungisida sebagai pembanding (mankozebe 80%, yang disuspensikan dengan konsentrasi 200 ppm), serta kontrol. Sepuluh formula yang diujikan secara duplo (per ulangan dalam 1 perlakuan terdapat 2 cawan petri), yaitu a) kontrol (hanya air); b) kitosan nano tunggal 50 ppm; c) kitosan nano tunggal 100 ppm; d) kitosan nano tunggal 200 ppm; e) silika nano tunggal 50 ppm; f) silika nano tunggal 100 ppm; g) silika nano tunggal 200 ppm; h) campuran kitosan nano 50 ppm + silika nano 50 ppm; i) campuran kitosan nano 100 ppm + silika nano 100 ppm; dan j) fungisida 200 ppm.

Pengujian *in vivo* dilaksanakan di rumah kaca Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, dengan sepuluh perlakuan dan tiga ulangan yang disusun sesuai dengan rancangan acak kelompok. Setiap unit perlakuan pada satu ulangan pada uji *in vivo* terdiri atas 3 tanaman yang ditanam pada satu pot plastik, hingga total terdapat 90 tanaman.

#### **Isolasi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae***

Sampel umbi bawang merah dengan gejala moler dibersihkan dengan air mengalir kemudian dibilas dengan air steril dan dipotong dengan ukuran 1 × 1 cm<sup>2</sup>. Potongan umbi bawang merah disterilisasi dengan cara direndam dalam alkohol 70% selama 15 detik, lalu dimasukkan ke dalam larutan sodium hypochlorit (NaOCl) 1% selama 1 menit dan dibilas 3 kali menggunakan akuades steril. Potongan umbi bawang merah yang sudah steril diletakkan pada medium ADK dan diinkubasikan pada suhu ruang (±28 °C).

Koloni yang tumbuh dimurnikan pada medium yang sama hingga diperoleh biakan murni *F. oxysporum* isolat bawang merah (kode: FocJn1) (Agrios 2025). Isolat *F. oxysporum* yang diperoleh diidentifikasi secara morfologi, mengacu pada Singha *et al.* (2016).

#### **Perbanyakan Massal *Fusarium oxysporum* Isolat Bawang Merah**

Perbanyakan massal isolat cendawan *F. oxysporum* dilakukan pada medium beras. Medium beras yang digunakan disiapkan dengan cara dikukus selama ±15 menit, lalu ditiriskan. Beras dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas masing-masing sebanyak 100 g, disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 20 menit. Medium beras yang telah siap, diinokulasi dengan 3 potongan koloni cendawan *F. oxysporum* berdiameter ±5 mm kemudian diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang. Biakan hasil perbanyakan massal digunakan sebagai sumber inokulum pada uji *in vivo*.

#### **Uji Kemampuan Formula Kitosan Nano dan Silika Nano untuk Menekan Perkembangan *F. oxysporum* Isolat Bawang Merah Secara *in vitro***

Pengujian *in vitro* dilakukan dengan metode *poisoned food* (Yulia *et al.* 2020), yaitu mencampur formula (suspensi) kitosan dan silika nano sesuai dosis perlakuan ke dalam medium ADK yang digunakan untuk kultur cendawan. Isolat cendawan *F. oxysporum* berdiameter 5 mm diletakkan di tengah cawan petri berukuran 9 mm sesuai masing-masing perlakuan. Pertumbuhan dan perkembangan koloni cendawan diamati setiap hari sejak isolasi hingga pertumbuhan koloni pada kontrol telah mencapai tepi cawan petri, yaitu 14 hari. Penghambatan formula terhadap pertumbuhan koloni *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dihitung pada 14 hari setelah inokulasi (HSI) dengan rumus:

$$I = \frac{c - t}{c} \times 100\%, \text{ dengan}$$

I, penghambatan koloni (%); c, diameter koloni pada kontrol (cm); dan t, diameter koloni yang diberi perlakuan (cm).

### Uji Daya Hambat Formula Kitosan Nano dan Silika Nano Terhadap Penyakit Moler Pada Bawang Merah secara *in Vivo*

Medium tanam yang digunakan ialah campuran tanah yang telah dipasteurisasi, pupuk kandang, dan arang sekam (2:1:1). Medium tanam dimasukkan ke dalam pot plastik berukuran 15 cm × 30 cm hingga terisi  $\frac{3}{4}$  tinggi pot. Medium tanam diinokulasi isolat *F. oxysporum* hasil perbanyakkan pada medium beras sebanyak 10 g per lubang tanam. Inokulasi *F. oxysporum* dilakukan satu hari sebelum penanaman bibit bawang merah dengan cara membuat 3 lubang tanam pada setiap pot plastik.

Umbi bibit bawang merah dipotong bagian ujungnya  $\pm \frac{1}{4}$  bagian, lalu direndam dalam masing-masing suspensi formula uji selama 15 menit. Selanjutnya dilakukan aplikasi dengan cara penyiraman formula pada medium tanam sebanyak 25 mL per lubang tanam pada saat penanaman, dan 2 minggu setelah tanam (MST), pada pagi hari. Penyemprotan fungisida mankozeb dengan konsentrasi 200 ppm dilakukan saat mulai muncul gejala moler pada tanaman kontrol, yaitu pada hari ketiga setelah inokulasi. Alat semprot yang digunakan ialah botol semprot dengan volume 1 liter. Fungisida disemprotkan pada tanaman hingga seluruh permukaan daun terbasahi.

Gejala penyakit moler diamati setiap hari sejak tanam. Pengukuran awal dilakukan setelah muncul gejala pertama—diukur skalanya—dan pengukuran skala diulang setiap 7 hari. Variabel pengamatan terdiri atas masa inkubasi, insidensi dan keparahan penyakit moler bawang merah, serta bobot basah hasil panen umbi bawang merah yang ditimbang pada akhir pengamatan. Insidensi dan keparahan penyakit moler dihitung setiap tujuh hari sekali, sejak muncul gejala pada tanaman hingga menjelang panen. Insidensi penyakit (IP) moler dihitung dengan rumus (adaptasi dari Agrios 2005):

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

$n$ , jumlah tanaman sakit; dan  $N$ , jumlah tanaman yang diamati (9 tanaman per perlakuan).

Variabel keparahan penyakit merupakan luasan daun yang bergejala dibandingkan dengan daun sehat dari total luasan daun yang diamati. Keparahannya (KP) moler bawang merah dihitung menggunakan rumus:

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

$n_i$ , jumlah tanaman dengan skala  $i$ ;  $v_i$ , skala  $i$ ;  $N$ , jumlah tanaman sampel (9 tanaman per perlakuan); dan  $Z$ , nilai skala tertinggi (5). Skala keparahan penyakit diadaptasi dari Hersanti (2019) sebagai berikut: 0, tidak terjadi gejala; 1, daun bergejala sebesar  $0 < X \leq 12\%$ ; 2, daun bergejala sebesar  $12\% < X \leq 25\%$ ; 3, daun bergejala sebesar  $25\% < X \leq 50\%$ ; 4, daun bergejala sebesar  $50\% < X \leq 75\%$ ; dan 5, daun bergejala sebesar  $75\% < X \leq 100\%$ .

Data keparahan yang diperoleh digunakan untuk menghitung *area under disease progress curve* (AUDPC) yang diadaptasi dari Hersanti *et al.* (2019), yaitu:

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

$Y_i$ , keparahan penyakit pada saat  $i$ ;  $Y_{i+1}$ , keparahan penyakit pada saat  $i + 1$ ;  $t_i$ , beda waktu antar pengamatan; dan  $t_{i+1}$  waktu pengamatan saat  $i + 1$ .

## HASIL

### Kemampuan Kitosan Nano dan Silika Nano menghambat perkembangan *Fusarium oxysporum f.sp. cepae* secara *in vitro*

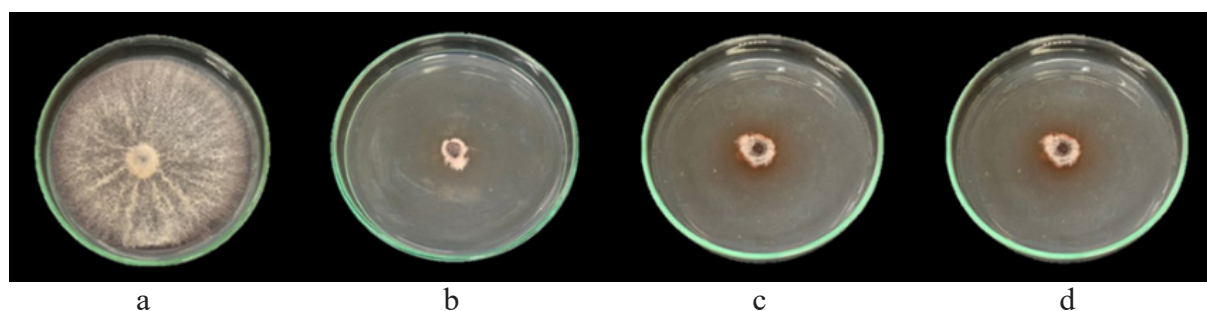
Hasil uji *in vitro* didapatkan bahwa kitosan nano dan silika nano tunggal maupun campuran mampu menghambat perkembangan koloni *F. oxysporum*. Seluruh perlakuan formula yang diujikan menghasilkan diameter koloni *F. oxysporum* yang lebih kecil dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1). Konsentrasi kitosan nano 100 ppm tunggal menghasilkan persentase penghambatan tertinggi, yaitu sebesar 85.2% dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida serta campuran kitosan nano dan silika nano 100 ppm (Tabel 1 dan Gambar 1).

Tabel 1 Diameter koloni dan persentase penghambatan pertumbuhan cendawan *F. oxysporum* FocJn1 pada medium ADK 14 hari setelah inokulasi

Kode	Perlakuan	Diameter koloni (cm) <sup>a</sup>	Penghambatan pertumbuhan (%) <sup>b</sup>
A	Kontrol	9.0 e	-
B	Kitosan nano 50 ppm	3.0 bc	66.5
C	Kitosan nano 100 ppm	1.3 a	85.2
D	Kitosan nano 200 ppm	5.0 d	45.0
E	Silika nano 50 ppm	3.6 c	60.2
F	Silika nano 100 ppm	3.5 bc	61.7
G	Silika nano 200 ppm	5.6 d	38.1
H	Kitosan nano 50 ppm + silika nano 50 ppm	2.8 b	68.7
I	Kitosan nano 100 ppm + silika nano 100 ppm	1.7 a	81.3
J	Fungisida 200 ppm (mankozeb 80%)	1.5 a	83.5

<sup>a</sup>Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan data tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada  $\alpha$  5%.

<sup>b</sup>Data penghambatan pertumbuhan (%) tidak dianalisis secara statistik.



Gambar 1 Pertumbuhan koloni cendawan *Fusarium oxysporum* FocJn1 pada medium ADK. a, Kontrol; b, Kitosan nano 100 ppm; c, Kitosan nano + silika nano 100 ppm; dan d, Fungisida 200 ppm (mancozeb 80%).

Hifa *F. oxysporum* tetap utuh pada perlakuan kontrol (Gambar 2a), sedangkan pada perlakuan kitosan nano struktur hifa *F. oxysporum* mengalami kerusakan, yaitu berupa lisis (Gambar 2b).

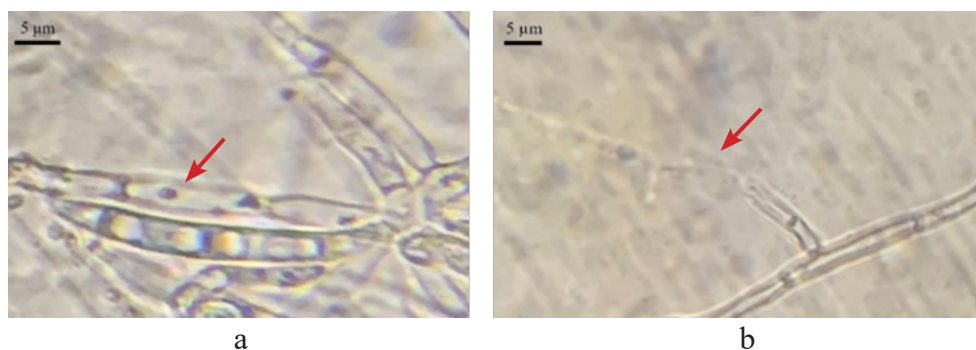
### Masa Inkubasi dan Insidensi Penyakit Moler pada Bawang Merah

Pemberian kitosan dan silika nano pada medium tanam dapat memperlambat timbulnya gejala sehingga masa inkubasi penyakit moler menjadi lebih lama. Pada kontrol, gejala moler mulai terlihat pada 3 HSI, sedangkan perlakuan campuran kitosan nano dan silika nano 100 ppm kemunculan gejala penyakit moler lebih lambat, dan masa inkubasi paling lama mencapai 14 hari (Tabel 2). Gejala awal penyakit moler yang terlihat pada tanaman

bawang merah, yaitu daun tumbuh meliuk serta warna daun pucat (Gambar 3). Akar tanamannya terlihat membusuk, apabila tanaman bawang merah dicabut. Gejala lanjut dari penyakit moler ialah tanaman menjadi kering lalu mati.

### Keparahan Penyakit Moler pada Bawang Merah

Pengukuran keparahan penyakit bertujuan mengetahui tingkat keparahan penyakit moler bawang merah. Pada minggu ketiga keparahan penyakit moler meningkat pada berbagai perlakuan, namun pada perlakuan campuran kitosan nano dan silika nano 100 ppm menunjukkan tingkat keparahan yang paling rendah (Gambar 4).



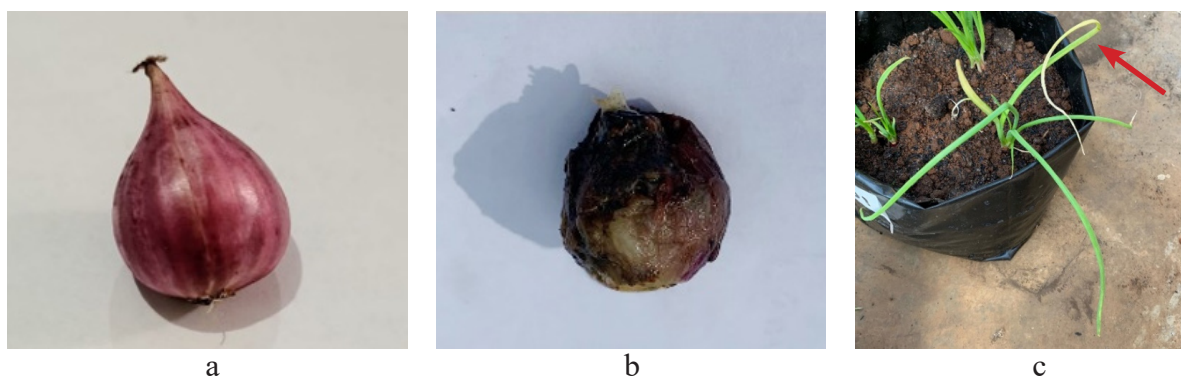
Gambar 2 Kerusakan hifa *Fusarium oxysporum* FocJn1. a, Kontrol (hifa normal); dan b, Hifa mengalami lisis pada perlakuan kitosan nano 100 ppm.

Tabel 2 Masa inkubasi, insidensi penyakit, AUDPC dan penekanan penyakit moler pada umbi bawang merah

Kode	Perlakuan	Masa inkubasi (HSI)	Insidensi penyakit <sup>a</sup> (%)	AUDPC <sup>b</sup>	Penekanan penyakit (%)
A	Kontrol	3	33.33	795.7 e	-
B	Kitosan nano 50 ppm	11	22.22	572.3 c	28.1
C	Kitosan nano 100 ppm	11	11.11	510.4 cd	35.8
D	Kitosan nano 200 ppm	8	33.33	650.9 d	18.2
E	Silika nano 50 ppm	10	22.22	483.8 bc	39.2
F	Silika nano 100 ppm	11	22.22	439.5 ab	44.8
G	Silika nano 200 ppm	13	11.11	403.3 ab	49.3
H	Kitosan nano 50 ppm + silika nano 50 ppm	12	11.11	425.2 ab	46.6
I	Kitosan nano 100 ppm + silika nano 100 ppm	14	11.11	348.1 a	56.3
J	Fungisida 200 ppm (Mankozeb 80%)	13	22.22	393.8 ab	50.5

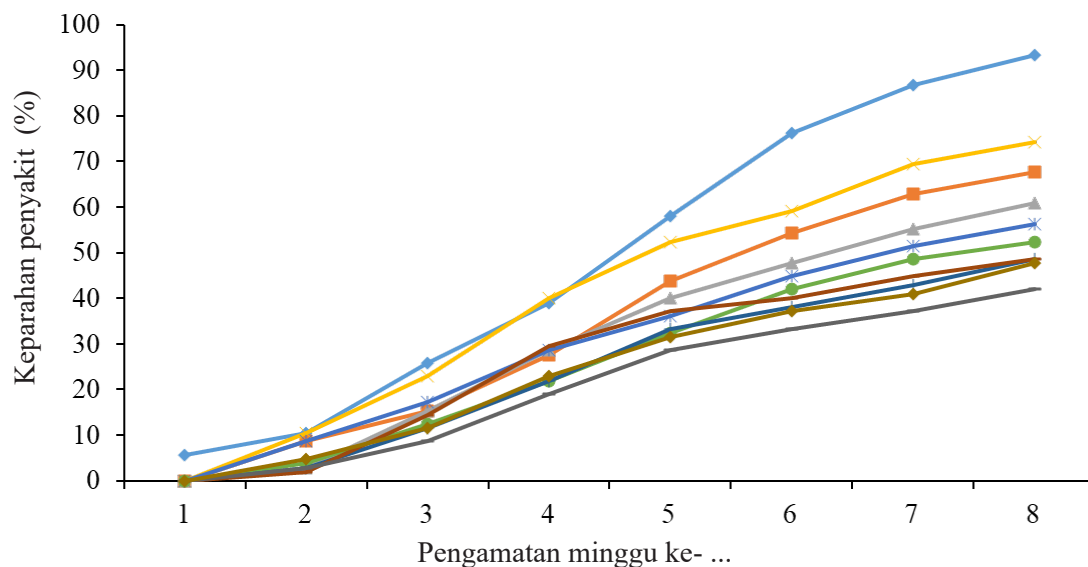
<sup>a</sup>Saat pertama kali terlihat gejala.

<sup>b</sup>Nilai AUDPC yang diikuti huruf yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan (5%).



Gambar 3 Gejala awal penyakit moler pada 13 HSI. a, Umbi bawang merah tidak bergejala; b, Gejala busuk pada umbi; dan c, Gejala moler daun.

Keparahan penyakit moler pada tanaman bawang merah terlihat meningkat seiring waktu (Gambar 4). Perlakuan kontrol adalah perlakuan yang memiliki keparahan penyakit yang paling tinggi pada waktu ke waktu dibandingkan dengan perlakuan lainnya.



Gambar 4 Perkembangan keparahan penyakit moler pada umbi bawang merah yang diberi berbagai perlakuan. ◆, Kontrol; ■, Kitosan nano 50 ppm; ▲, Kitosan nano 100 ppm; ✕, Kitosan nano 200 ppm ◆, Silika nano 50 ppm; ●, Silika nano 100 ppm; ◆, Silika nano 200 ppm; —, Kitosan + Silika nano 50 ppm; —, Kitosan + Silika nano 100 ppm; dan ◆, Fungisida 200 ppm (Mankozeb 80%).

Perkembangan penekanan terhadap penyakit moler pada tanaman bawang merah dapat diketahui dengan menganalisis *area under disease progress curve* (AUDPC). Semakin kecil nilai AUDPC, mengindikasikan semakin besar penekanan terhadap perkembangan penyakit moler.

Hasil perhitungan AUDPC, perlakuan kitosan nano dan silika nano dapat menekan penyakit moler pada bawang merah sebesar 18.2%-56.3%. Hasil analisis menunjukkan nilai AUDPC pada seluruh perlakuan kitosan nano dan silika nano yang diuji secara nyata lebih rendah daripada kontrol (Tabel 2). Perlakuan campuran kitosan nano 100 ppm dan silika nano 100 ppm (Perlakuan i) memiliki nilai AUDPC terendah.

### Pengaruh Perlakuan Kitosan Nano dan Silika Nano terhadap Bobot Basah Umbi Bawang Merah

Umbi bawang merah yang diberi perlakuan formula uji seluruhnya memiliki bobot umbi yang lebih besar dibandingkan dengan kontrol (Tabel 3). Hal ini sejalan dengan penghambatan penyakit yang dihasilkan. Ukuran umbi hasil

perlakuan nampak lebih kecil dibandingkan dengan umbi bawang merah varietas Bima pada umumnya. Perlakuan kontrol menghasilkan ukuran umbi yang lebih kecil daripada perlakuan lainnya (Gambar 5).

## PEMBAHASAN

Penggunaan kitosan nano dan silika nano mampu menghambat dan menekan pertumbuhan koloni cendawan *F. oxysporum* pada medium ADK saat uji *in vitro*, memperpanjang masa inkubasi, dan mengurangi insidensi dan keparahan penyakit moler pada bawang merah saat uji *in vivo*. Muatan positif kitosan dapat berinteraksi dengan muatan negatif komponen fosfolipid pada plasma membran sel cendawan sehingga meningkatkan permeabilitas membran dan menyebabkan kebocoran isi sel, yang selanjutnya dapat menyebabkan kematian sel (Suwignyo *et al.* 2021). Namun, penggunaan kitosan dan silika berukuran nano dengan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan menurunnya penghambatan terhadap koloni *F. oxysporum* isolat bawang merah.

Tabel 3 Bobot basah umbi bawang merah setelah diberi perlakuan formula uji

Kode	Perlakuan	Bobot basah (g) <sup>a</sup>
A	Kontrol	12.6 a
B	Kitosan nano 50 ppm	26.5 ab
C	Kitosan nano 100 ppm	31.6 bc
D	Kitosan nano 200 ppm	15.1 a
E	Silika nano 50 ppm	35.6 bc
F	Silika nano 100 ppm	40.5 bcd
G	Silika nano 200 ppm	45.7 cd
H	Kitosan nano 50 ppm + silika nano 50 ppm	41.4 bcd
I	Kitosan nano 100 ppm + silika nano 100 ppm	57.5 d
J	Fungisida 200 ppm (Mankozeb 80%)	53.1 d

<sup>a</sup>Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan data tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada  $\alpha$  5%.



Gambar 5 Umbi bawang merah hasil panen. a, Kontrol: ukuran umbi lebih kecil; dan b, Umbi bawang merah diberi perlakuan campuran kitosan nano + silika nano 100 ppm.

Semakin banyak molekul kitosan maka gugus amino reaktif juga akan semakin banyak sehingga kemampuan kitosan untuk menempel pada permukaan patogen akan semakin menurun (Suryadi *et al.* 2017). Sebaliknya, pada konsentrasi kitosan nano yang rendah maka partikel yang dimiliki akan semakin sedikit dan kompak sehingga dapat menghasilkan muatan permukaan yang tinggi (Suwignyo *et al.* 2021).

Struktur hifa *F. oxysporum* setelah diberi perlakuan kitosan nano dan silika nano mengalami pertumbuhan abnormal. Banyak konidia tidak mampu berkecambah dan mengalami lisis. Aktivitas antifungi dari kitosan terjadi karena adanya aktivitas enzim kitinase yang dihasilkan oleh cendawan dan adanya senyawa kimia yang terurai dari kitosan seperti polimer D-glukosamin yang bersifat toksik bagi cendawan (Rogis *et al.* 2007). Enzim kitinase mengakibatkan kitosan terurai

menjadi senyawa D-glukosamin yang akan mengurai kitin pada dinding hifa sehingga pertumbuhan cendawan terhambat. Gugus asam amino dalam bentuk asetil amino ( $\text{HCOCH}_3$ ) dan glukosamin ( $\text{C}_6\text{H}_9\text{NH}_2$ ) dalam kitosan yang bermuatan positif dapat berikatan dengan bagian makromolekul bermuatan negatif pada permukaan sel cendawan (Restuati 2008). Hal ini menyebabkan apresorium (ujung tabung kecambah) membengkak dan pertumbuhan cendawan akan terhambat.

Masa inkubasi penyakit moler pada bawang merah dapat terjadi selama 3 hari pada tanah yang mengandung *F. oxysporum* isolat bawang merah. Semakin pendek periode inkubasi penyakit moler mengindikasikan semakin awal pula tanaman mengalami infeksi oleh cendawan sehingga kerusakan dan kematian tanaman akan semakin cepat (Wiyatiningsih dan Pancadewi 2010). Penggunaan kitosan nano dan silika nano



dapat memperlambat masa inkubasi penyakit moler pada bawang merah. Campuran kitosan nano dan silika nano pada konsentrasi 100 ppm mampu memberikan ketahanan tanaman bawang merah terhadap infeksi cendawan *F. oxysporum*. Penekanan insidensi penyakit yang disebabkan oleh cendawan menjadi lebih efektif karena partikel kitosan berukuran lebih kecil, yakni dalam bentuk nano sehingga mudah diserap oleh jaringan tanaman (Eris *et al.* 2019). Silika nano pada tanaman dapat meningkatkan ketahanan jaringan tanaman dengan mempertebal dinding epidermis tanaman agar tidak mudah terinfeksi patogen (Hersanti *et al.* 2022).

Kitosan nano dan silika nano mampu mengurangi keparahan penyakit moler pada bawang merah. Penggunaan silika dalam bentuk nano dapat meningkatkan resistensi tanaman terhadap cekaman biotik serta memperkuat jaringan tanaman sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama maupun patogen (Sharon *et al.* 2010). Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Dewi *et al.* (2014) bahwa pada jaringan tanaman, silika mampu menginduksi proses pembentukan senyawa lignin dan suberin. Senyawa tersebut kemudian diakumulasi di dinding sel sehingga terjadi penebalan dan penguatan dinding sel yang menyebabkan sulit ditembus oleh cendawan.

Kerusakan umbi yang disebabkan oleh penyakit moler adalah salah satu penyebab lebih rendahnya bobot umbi total tanaman pada setiap perlakuan. *F. oxysporum* isolat bawang merah ialah cendawan yang mampu memproduksi enzim *exo-polygalacturonase* (exo-PG) dan *endopectin-trans-eliminase* (endo-PTE) sehingga dapat membantu pembusukan umbi (Nugroho *et al.* 2011). Apabila keparahan penyakit moler tinggi, maka penurunan hasil produksi bawang merah akan lebih besar. Pemberian kitosan mampu meningkatkan hasil dan bobot buah tanaman okra dan stroberi hingga 42% (Rahman *et al.* 2018). Penambahan silika dapat meningkatkan serapan unsur hara lain oleh akar terutama unsur fosfor yang memengaruhi tinggi tanaman dan jumlah daun (Putri *et al.* 2017).

Aplikasi kitosan nano dan silika nano—secara tunggal maupun campuran—mampu menghambat pertumbuhan koloni *F. oxysporum* isolat bawang merah pada uji *in vitro* dengan kisaran 38%-85%, dan menekan penyakit moler bawang merah berkisar 18%-56% secara *in vivo*. Kitosan nano dengan konsentrasi 100 ppm merupakan konsentrasi terbaik dalam menekan pertumbuhan koloni *F. oxysporum* isolat bawang merah secara *in vitro*. Campuran kitosan nano 100 ppm dan silika nano 100 ppm merupakan konsentrasi yang efektif menekan keparahan penyakit moler bawang merah secara *in vivo*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian didanai dari hibah Academic Leadership Grant tahun 2022, Universitas Padjadjaran.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agrios GN. 2005. Plant Pathology. 5<sup>th</sup> ed. Elsevier Academic Press.
- Dewi AY, Putra ETS, Trisnowati S. 2014. Induksi ketahanan kekeringan delapan hibrida kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan silika. *Vegetalika*. 3(3):1–13.
- El Hadrami A, Adam LR, El Hadrami I, Daayf F. 2010. Chitosan in plant protection. *Marine Drugs*. 8(4):968–987. DOI: <https://doi.org/10.3390/md8040968>.
- Eris DD, Wahyuni S, Putra SM, Yusup CA, Mulyatni AS, Siswanto S, Winarti C. 2019. Pengaruh nanokitosan-Ag/Cu pada perkembangan penyakit antraknosa pada cabai. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 24(3):201–208. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.24.3.201>.
- Hersanti H, Sudarjat S, Damayanti A. 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). *Agrikultura*. 30(1):8–16. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i1.22698>.

- Hersanti, Choiriah WS, Rizkie L, Putri SNS. 2022. Effects of chitosan and silica nanoparticles against the development and growth of red chilli anthracnose disease *Colletotrichum* sp. Pakistan Journal of Biological Sciences. 25(8):748–754. DOI: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2022.748.754>.
- Hikmahwati H, Auliah MR, Ramlah R, Fitrianti F. 2020. Identifikasi cendawan penyebab penyakit moler pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kabupaten Enrekang. Agrovital. 5(2):83–86. DOI: <https://doi.org/10.35329/agrovital.v5i2.1745>.
- Nugroho B, Astriani D, Mildaryani W. 2011. Variasi virulensi isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada beberapa varietas bawang merah. Jurnal Agrin. 15(1):8–17.
- Prakoso EB, Wiyatingsih S, Nirwanto H. 2016. Uji ketahanan berbagai kultivar bawang merah (*Allium ascalonicum*) terhadap infeksi penyakit moler (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*). Berkala Ilmiah Agroteknologi-PLUMULA. 5(1):10–20.
- Putri FM, Suedy SWA, Darmanti S. 2017. Pengaruh pupuk nanosilika terhadap jumlah stomata, kandungan klorofil dan pertumbuhan padi hitam (*Oryza sativa* L. cv. *japonica*). Buletin Anatomi dan Fisiologi. 2(1):72–79. DOI: <https://doi.org/10.14710/baf.2.1.2017.72-79>.
- Rahman M, Mukta JA, Sabir AA, Gupta DR, Mohi-Ud-Din M, Hasanuzzaman M, Miah MG, Rahman M, Islam MT. 2018. Chitosan biopolymer promotes yield and stimulates accumulation of antioxidants in strawberry fruit. PLOS One. 13(9):e0203769. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203769>.
- Restuati M. 2008. Perbandingan kitosan kulit udang dan kulit kepiting dalam menghambat pertumbuhan kapang *Aspergillus flavus*. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*; Lampung (ID). hlm 582–590.
- Rogis A, Pamekas T, 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 AK, Kumar R. 2010. Nanotechnology in agricultural diseases and food safety. Journal of Phytology. 2(4):83–92.
- Singha IM, Kakoty Y, Unni BG, Das J, Kalita MC. 2016. Identification and characterization of *Fusarium* sp. using ITS and RAPD causing fusarium wilt of tomato isolated from Assam, North East India. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 14(1):99–105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2016.07.001>.
- Suharti WS, Bahtiar J, Kharisun K. 2021. Pengaruh ragam sumber silika terhadap pertumbuhan dan ketahanan tanaman padi terinfeksi *Rhizoctonia solani*. Jurnal Pertanian Terpadu. 9(1):26–39. DOI: <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i1.297>.
- Suryadi Y, Priyatno TP, Samudra IM, Susilowati D, Sriharyani TS, Syaefudin. 2017. Control of anthracnose disease (*Colletotrichum gloeosporioides*) using nano chitosan hydrolyzed by chitinase derived from *Burkholderia cepacia* isolate e76. Jurnal AgriBiogen. 13(2):111–122. DOI: <https://doi.org/10.21082/jbio.v13n2.2017.p111-122>.
- Suwignyo S, Hersanti, Widiyanti F. 2021. Pengaruh kitosan nano terhadap penyakit bercak coklat (*Alternaria solani* Sor.) pada tanaman tomat. Agrikultura. 32(2):239–247. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i3.34954>.
- Udiarto BK, Setiawati W, Suryaningsih E. 2005. Pengenalan Hama dan Penyakit pada Tanaman Bawang Merah dan Pengendaliannya. Bandung (ID): Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Badan Litbang Pertanian.
- Wahyuni S, Muhammad Abdul Aziz, Sentiawati, Deden Dewantara Eris, Maria Bintang, Priyono, Siswanto. 2022. Pengujian aktivitas antifungi kitosan, nanokitosan, dan nanokitosan-Cu secara in vitro terhadap *Colletotrichum*

- gloeosporioides* pada buah mangga (*Mangifera indica*). Menara Perkebunan. 90(2):134–144. DOI: <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v90i2.510>.
- Wiyatiningsih S, Pancadewi S. 2010. Peningkatan hasil dan ketahanan kultivar bawang merah terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* penyebab penyakit moler menggunakan suspensi mikroorganisme. Di dalam: Prosiding Seminar Nasional HPTI; Surabaya (ID). hlm 75–80.
- Yulia E, Sari E, Sudarjat, Widiyanti F, Nurhelawati I. 2020. Ekstrak metanol daun binahong (*Anredera cordifolia*) menekan pertumbuhan koloni jamur *Rhizoctonia oryzae* dan kejadian penyakit hawar bibit padi. Jurnal Agrikultura. 31(3):202–213. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v31i3.30876>.