

**KAJIAN KETAHANAN TERINDUKSI CABAI RAWIT TERHADAP JAMUR
Colletotrichum gloeosporioides MENGGUNAKAN KITOSAN***Study of Induced Resistance in Chili Pepper Against Colletotrichum gloeosporioides Using Chitosan***Eko Hary Pudjiwati^{1*}, Siti Zahara², Nur Indah Mansyur³**^{1,2,3}) Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No.1, Kota Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia^{1*)} eko.pudjiwati@borneo.ac.id**ABSTRAK**

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum gloeosporioides* merupakan kendala utama dalam budidaya cabai rawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi kitosan sebagai agen penginduksi ketahanan tanaman (ISR) dan biostimulan, serta membandingkan efektivitasnya dengan fungisida dalam mengendalikan penyakit antraknosa berdasarkan waktu aplikasi yang berbeda. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan delapan perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari Kontrol Negatif (P0-: tanpa inokulasi/pengendalian), Kontrol Positif (P0+: inokulasi penyakit), tiga variasi waktu aplikasi fungisida (P1, P2, P3), dan tiga variasi waktu aplikasi kitosan (P4, P5, P6). Waktu aplikasi yang diuji adalah dua minggu sebelum inokulasi, bersamaan inokulasi, dan dua minggu setelah inokulasi. Parameter yang diamati meliputi intensitas serangan antraknosa pada daun dan buah, efektivitas pengendalian, serta parameter pertumbuhan tanaman (jumlah akar, panjang akar, berat basah dan kering akar serta berat basah dan kering tajuk). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kitosan efektif dan setara dengan fungisida dalam menekan intensitas serangan antraknosa. Perlakuan aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi (P4) memberikan hasil yang paling optimal, yaitu intensitas serangan pada buah yang paling rendah (38,6%) dan efektivitas pengendalian yang paling tinggi (19,99%). Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi kitosan di awal berperan kuat dalam menginduksi sistem pertahanan tanaman sebelum patogen menyerang. Selain itu, kitosan juga berfungsi sebagai biostimulan yang signifikan meningkatkan pertumbuhan vegetatif, ditunjukkan oleh peningkatan berat basah/kering serta perkembangan akar dan tajuk.

Kata kunci: antraknosa, *Capsicum frutescens*, *Colletotrichum gloeosporioides*, kitosan, ketahanan terinduksi

ABSTRACT

Anthrachnose disease, caused by the fungus *Colletotrichum gloeosporioides*, is a major constraint in chili pepper (*Capsicum frutescens*) cultivation. This research aimed to investigate the potential of chitosan as an agent for inducing plant resistance (ISR) and as a biostimulant, while comparing its effectiveness with fungicides in controlling anthracnose based on different application timings. The study employed a Randomized Block Design (RBD) with eight treatments and three replications. Treatments included Negative Control (P0-: no inoculation/no control), Positive Control (P0+: disease inoculation), three variations of fungicide application timing (P1, P2, P3), and three variations of chitosan application timing (P4, P5, P6). The application timings tested were two weeks before inoculation, simultaneous with inoculation, and two weeks after inoculation. Observed parameters included the incidence and severity of leaf and fruit anthracnose, control effectiveness, and plant growth parameters (number of roots, length of roots, fresh and dry root weight, and fresh and dry shoot weight). The results showed that the use of chitosan was effective and comparable to fungicides in suppressing anthracnose severity. The treatment involving chitosan application two weeks before inoculation (P4) yielded the most optimal results, exhibiting the lowest fruit anthracnose severity (38.6%) and the highest control effectiveness (19.99%). This indicates that early chitosan application plays a strong role in inducing the plant's defense system before pathogen attack. Furthermore, chitosan also functioned as a biostimulant, significantly enhancing vegetative growth, as evidenced by the increase in fresh/dry weight and the development of both roots and shoots.

Keywords: anthracnose, *Capsicum frutescens*, *Colletotrichum gloeosporioides*, chitosan, induced resistance

PENDAHULUAN

Penyakit antraknosa pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) yang

disebabkan oleh jamur patogen *Colletotrichum gloeosporioides* merupakan salah satu hambatan serius dalam budidaya

cabai di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia. Jamur *Colletotrichum* sp. merupakan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang dapat menyebabkan penyakit antraknosa pada cabai merah (*Capsicum annum*) dengan kerusakan mencapai 80% (Cahyami *et al.*, 2024). Hal ini menyebabkan kualitas dan nilai ekonomis buah cabai menurun (Rahmadhani dan Chatri, 2023). Pengendalian penyakit antraknosa selama ini banyak mengandalkan fungisida sintetis. Namun, penggunaan fungisida kimia secara terus menerus menimbulkan sejumlah permasalahan, seperti residu yang membahayakan kesehatan manusia, pencemaran lingkungan, serta munculnya isolat patogen yang resisten terhadap bahan aktif fungisida (De Silva *et al.*, 2017). Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian yang lebih aman, ramah lingkungan, dan berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan agens penginduksi ketahanan tanaman.

Mekanisme ketahanan terinduksi tanaman ada dua yaitu *Induced Systemic Resistance* (ISR) dan *Systemic Acquired Resistance* (SAR). Induksi SAR terjadi karena penambahan senyawa kimia atau senyawa elisitor, yang menyebabkan akumulasi asam salisilat (SA), dan protein PR (*pathogenesis-related protein*), sedangkan induksi ISR disebabkan agen biotik nonpatogenik seperti rizobakteria

(Leiwakabessy *et al.*, 2024). Salah satu senyawa yang berperan sebagai elisitor adalah kitosan, dan dilaporkan dapat menginduksi respons ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen (El Hadrami *et al.*, 2010). Kitosan dapat mengendalikan berbagai patogen antara lain *Fusarium solani* f. sp. *Glycines* (Prapagdee *et al.*, 2007), *Botrytis cinerea* dan *Penicillium expansum* (Liu *et al.*, 2004), *Colletotrichum* sp. (Muñoz *et al.*, 2009), *Rhizopus stolonifer* (García-Rincón *et al.*, 2010), *Alternaria kikuchiana* dan *Physalospora piricola* (Meng *et al.*, 2010) dan *A. alternata* (Sánchez-Domínguez *et al.*, 2011).

Kitosan adalah produk sampingan kitin yang paling penting, yang diperoleh melalui deasetilasi termo-alkali (Torres-Rodriguez *et al.*, 2021). Kitosan diekstrak dari kitin yang ditemukan di eksoskeleton krustasea (Fournier *et al.*, 2020), dinding sel jamur (Chang *et al.*, 2019), kutikula serangga (Luo *et al.*, 2019), dan sumber lainnya. Mekanisme kitosan sebagai penginduksi ketahanan tanaman yaitu kitosan dikenali oleh reseptor tanaman (*Pattern Recognition Receptors/PRR*) (Mauch-Mani *et al.*, 2017), selanjutnya tanaman mengaktifkan pertahanan dasar yaitu PAMP-Triggered Immunity (PTI) (Bigéard *et al.*, 2015). Mekanisme induksi ketahanan oleh kitosan juga dapat melalui aktivasi jalur asam salisilat (SA) (Vlot *et al.*, 2021), asam jasmonat (JA), dan etilen (ET),

yang kemudian memicu ekspresi gen-gen pertahanan seperti PR-1 (Pathogenesis-Related protein 1) dan enzim yang terkait dengan ketahanan (Dubin *et al.*, 2020). Kitosan selain berfungsi sebagai elisitor juga memiliki aktivitas antifungi langsung terhadap *C. gloeosporioides* dengan mengganggu integritas membran sel jamur dan menghambat pertumbuhan hifa. Namun, efek utama kitosan dalam pengendalian penyakit lebih dominan melalui mekanisme induksi ketahanan sistemik dibandingkan efek fungisidal langsung (Saharan *et al.*, 2013).

Efektivitas kitosan sebagai penginduksi ketahanan tanaman sangat bergantung pada kapan sistem pertahanan tanaman perlu diaktifkan. Sistem pertahanan tanaman memerlukan waktu untuk diaktifkan dan membangun respon pertahanan. Jika aplikasi tidak tepat maka respon pertahanan menjadi tidak cukup kuat untuk mengendalikan patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu aplikasi kitosan yang tepat dalam mengendalikan patogen *C. gloeosporioides* pada tanaman cabai dan perbandingan efektivitasnya dengan fungisida.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan pada bulan Mei sampai Oktober 2025.

Bahan dan Alat

Alat dan bahan utama dalam penelitian ini adalah Laminar Air Flow (LAF), *autoclave*, *petridish*, timbangan analitik, spektrofotometer, polybag, media PDA, cendawan patogen *Colletotrichum gloeosporioides*, kitosan, benih cabai rawit varietas Deata F1, fungisida Antrakol WP 2%, NPK Mutiara, larutan McFarland.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Total perlakuan berjumlah delapan, yakni:

1. Kontrol negatif (P0-), tanpa inokulasi patogen maupun pengendalian.
2. Kontrol positif (P0+), dilakukannya inokulasi patogen tanpa pengendalian.
3. P1, aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen.
4. P2, aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen.
5. P3, aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen.
6. P4, aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen.
7. P5, aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen.
8. P6, aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati meliputi intensitas serangan antraknosa pada buah dan daun, efektivitas pengendalian, serta parameter pertumbuhan tanaman seperti

jumlah akar, panjang akar, berat basah dan berat kering akar serta berat basah dan kering tajuk.

Pelaksanaan Percobaan

Benih disemai pada media tanam (campuran tanah, pupuk kotoran ayam dan sekam dengan perbandingan 4:1:1). Media tanam sebelumnya disterilisasi dengan cara media dimasukkan dalam drum kemudian dibakar selama 8 jam. Benih yang telah disemai di berikan atap pelindung dengan tujuan untuk mempertahankan kelembaban dan untuk menghindari benih terkena sinar matahari secara langsung dan dilakukan pemeliharaan.

Media tanam untuk penanaman komposisinya sama dengan media penyemaian dan disterilisasi terlebih dahulu. Media tanam dimasukkan ke dalam polibag sebanyak 5 kg. Pindah tanam dilakukan pada saat semai memiliki daun 4 helai daun.

Cendawan *C. gloeosporoides* yang telah tumbuh dalam media PDA (selama 7 hari), dipanen miselium terluar dari jamur dan disuspensikan dalam 100 ml aquades. Selanjutnya dihitung kerapatan isolat menggunakan perbandingan dengan larutan McFarland dengan menggunakan spektrofotometer. sampai diperoleh nilai absorbansi yang dikehendaki. Disiapkan larutanstandar McFarland 0,5. Kalau nilai absorban suspensi bakteri uji lebih besar, maka dilakukan pengenceran sehingga

didapatkan nilai absorban suspensi uji sama dengan larutan standar McFarland yaitu pada panjang gelombang 625 memberikan hasil nilai absorban 0,08 – 0,1 setara dengan kerapatan $1,5 \times 10^8$ CFU/ml (Rosmania & Yanti, 2020).

Inokulasi cendawan dilakukan pada saat tanaman berumur 30 hari setelah tanam (HST) sebanyak 5 ml pertanaman dengan cara disemprotkan ke tanaman, dengan kerapatan $1,5 \times 10^8$ CFU/ml.

Fungisida yang diaplikasikan sebanyak 15 ml pertanaman dengan konsentrasi 2 gram per liter. Kitosan juga diaplikasikan sebanyak 15 ml dengan konsentrasi 1%. Waktu aplikasi fungisida dan kitosan sesuai dengan perlakuan.

Penyiraman dilakukan setiap hari sebanyak 2 kali sehari yaitu pagi dan sore kecuali pada saat musim hujan. Pemupukan menggunakan NPK (16:16:16) konsentrasi 2 gram per liter diaplikasikan setiap 2 minggu sebanyak 250 ml.

Analisa data

Data yang dianalisis merupakan data pada pengamatan terakhir (80 hari setelah tanam). Data yang diperoleh akan dianalisis dengan Analisis Sidik Ragam, jika menunjukkan berbeda nyata maka akan dilanjutkan dengan analisis kontras orthogonal sehingga akan diketahui apakah ada perbedaan diantara penggunaan fungisida dan kitosan pada waktu aplikasi yang berbeda, apakah ada perbedaan

didalam waktu aplikasi fungisida dan apakah ada perbedaan di dalam waktu aplikasi kitosan pada setiap parameter yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji normalitas untuk semua parameter yang diamati (yaitu intensitas serangan pada daun, intensitas serangan pada buah, efektivitas kitosan, berat basah tajuk, berat kering tajuk, jumlah akar, serta panjang akar, berat basah akar dan berat kering akar) menunjukkan bahwa data semua parameter berdistribusi normal, sehingga semua data parameter dilanjutkan dengan Uji Anova. Hasil Uji Anova menunjukkan bahwa hanya pada parameter intensitas serangan antraknosa pada daun, intensitas serangan antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*) pada buah dan efektivitas kitosan terhadap serangan antraknosa pada buah yang menunjukkan signifikan, sedangkan pada parameter lain tidak signifikan.

Berdasarkan hasil Uji Anova maka hanya parameter yang menunjukkan signifikan yang diuji lanjut dengan Uji Kontras Orthogonal, sedangkan pada parameter yang hasil Uji Anova tidak signifikan hanya dijelaskan secara deskriptif kuantitatif. Uji Kontras Orthogonal dilakukan pada penelitian ini karena dengan memfokuskan seluruh variasi rata-rata antar kelompok ke dalam sejumlah kecil perbandingan spesifik, kontras orthogonal

memberikan tingkat sensitivitas yang lebih tinggi untuk mendeteksi efek nyata dibandingkan dengan pengujian perbandingan berpasangan.

Tabel 1. Rata-rata intensitas serangan antraknosa pada daun dan buah cabai.

Perlakuan	Intensitas Serangan (%)	
	Daun	Buah
P0 (-)	21,75	34,42
P0 (+)	58,61	48,32
P1	47,53	46,39
P2	60,68	45,56
P3	58,84	44,23
P4	55,21	38,60
P5	56,54	45,03
P6	52,16	47,55

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: P0-=Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian; P0+=Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian; P1=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen; P2=Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen; P3= Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen; P4=Aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen; P5=Aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen; P6=Aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen.

Nilai rata-rata parameter intensitas serangan antraknosa pada daun dan buah untuk semua perlakuan terdapat pada Tabel 1, sedangkan hasil Uji Kontras Orthogonal untuk kedua parameter ini disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa ada perbedaan sangat nyata antara kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian (P0-) dengan kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian (P0+) baik untuk intensitas serangan pada daun

maupun pada buah. Kondisi ini menunjukkan bahwa inokulasi penyakit berhasil meningkatkan intensitas serangan antraknosa pada daun dan buah. Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian (P0+) memiliki intensitas serangan yang jauh lebih tinggi dibandingkan kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian (P0-). Hal ini mengindikasikan bahwa sistem eksperimen dapat menciptakan kondisi penyakit yang memadai untuk menguji efektivitas pengendalian. Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian (P0-) pada penelitian ini juga menunjukkan adanya serangan antraknosa, hal ini diduga antraknosa sudah menjadi endemi di lokasi percobaan.

Pada kontras yang kedua antara perlakuan tanpa pengendalian dengan pengendalian baik fungisida maupun kitosan menunjukkan berbeda nyata. Secara

umum penggunaan fungisida dan kitosan pada semua waktu aplikasi memberikan nilai intensitas serangan antraknosa yang lebih rendah terutama pada buah dibandingkan dengan tanpa pengendalian. Kitosan menunjukkan efektivitas yang setara dengan fungisida sintetis berbahan aktif Propineb 70% dalam mengendalikan antraknosa pada cabai. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji kontras yang tidak berbeda nyata antara aplikasi fungisida dan kitosan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Sarwono *et al.*, 2013) yang mendapatkan hasil kitosan sebanding dengan fungisida sintetis berbahan aktif Kaptan dalam menekan keparahan penyakit antraknosa pada buah cabai. Berdasarkan hasil kedua penelitian ini, mengindikasikan bahwa kitosan dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian yang berkelanjutan dan minim resiko lingkungan dan kesehatan.

Tabel 2. Hasil uji kontras orthogonal intensitas serangan antraknosa pada daun dan buah cabai

Sumber Keragaman	F hitung	
	IS Daun	IS Buah
P0 (-) vs P0 (+)	11,937**	42,003**
P0 (-), P0 (+) vs (P1, P2, P3, P4, P5, P6)	5,913*	6,618*
P1, P2, P3 vs P4, P5, P6	0,029 tn	1,816 tn
P1 vs P2 vs P3	0,659 tn	0,018 tn
P4 vs P5 vs P6	0,095 tn	1,106 tn
P1 vs P3	1,125 tn	1,021 tn
P4 vs P6	0,082 tn	17,401**

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Keterangan: P0-=Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian; P0+=Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian; P1=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen; P2=Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen; P3=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen; P4=Aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen; P5=Aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen; P6=Aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen. tn=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata; **=berbeda sangat nyata.

Hasil Uji Kontras Orthogonal menunjukkan tidak ada perbedaan nyata untuk waktu aplikasi fungisida dan kitosan terhadap intensitas serangan antraknosa pada daun dan buah, kecuali untuk intensitas serangan antraknosa pada buah ada perbedaan sangat nyata antara kitosan yang diaplikasikan 2 minggu sebelum inokulasi dan 2 minggu setelah inokulasi. Aplikasi kitosan 2 minggu sebelum inokulasi penyakit menunjukkan intensitas serangan antraknosa pada buah yang paling rendah (38,6%) (Tabel 1.) dibandingkan perlakuan lainnya kecuali dengan kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian (P0-). Hal ini berarti aplikasi kitosan sebelum inokulasi patogen *C. gloeosporioides* memberikan manfaat yang lebih besar dalam mengurangi keparahan penyakit khususnya pada buah. Aplikasi kitosan sebelum inokulasi patogen memberikan waktu yang cukup bagi kitosan untuk menginduksi pertahanan pada tanaman, sehingga tanaman mempunyai waktu yang cukup untuk memproduksi dan mengakumulasi senyawa pertahanan sampai mencapai tingkat yang mampu menghambat atau menekan perkembangan infeksi atau memperpanjang masa inkubasi patogen. Kondisi ini menyebabkan intensitas serangan pada buah menjadi lebih rendah dibandingkan daun karena pada saat terbentuknya buah induksi ketahanan tanaman sudah terjadi. Kitosan

menyebabkan pertumbuhan *C. gloeosporioides* terhambat karena bagian ujung hifa membengkak akibat adanya kitosan sehingga tidak dapat menempel dan mempenetrasi inang yang menyebabkan masa inkubasi menjadi lebih panjang (Sitorus *et al.*, 2014). Induksi ketahanan tanaman oleh kitosan melalui aktivasi gen yang berhubungan dengan pertahanan sehingga dihasilkan protein antimikroba, protein yang berhubungan dengan patogenesis yang menyebabkan tanaman mampu menghambat pertumbuhan patogen, membatasi penyebaran patogen dan memperkuat sistem pertahanan tanaman secara keseluruhan (Riseh *et al.*, 2024).

Hasil Uji Anova untuk efektivitas pengendalian serangan pada daun menunjukkan tidak signifikan sehingga tidak dapat dilanjutkan dengan Uji Kontras Orthogonal. Sedangkan hasil Uji Anova untuk efektivitas pengendalian serangan pada buah menunjukkan signifikan dan hasil Uji Kontras Orthogonal terdapat pada Tabel 3. Perlakuan yang menunjukkan perbedaan sangat nyata berdasarkan hasil Uji Kontras Orthogonal adalah aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen (P4) dengan aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen (P6). Efektivitas pengendalian didasarkan hasil intensitas serangan pada perlakuan pengendalian dibandingkan dengan kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian

(P0+). Perlakuan aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen (P4) memberikan efektivitas pengendalian 19,99% lebih efektif dari kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian (P0+), dan merupakan perlakuan dengan efektivitas pengendalian tertinggi dibandingkan semua perlakuan pengendalian (P1, P2, P3, P5 dan P6), khususnya pada buah cabai, karena intensitas serangan antraknosa pada buah untuk perlakuan aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen (P4) yang paling rendah.

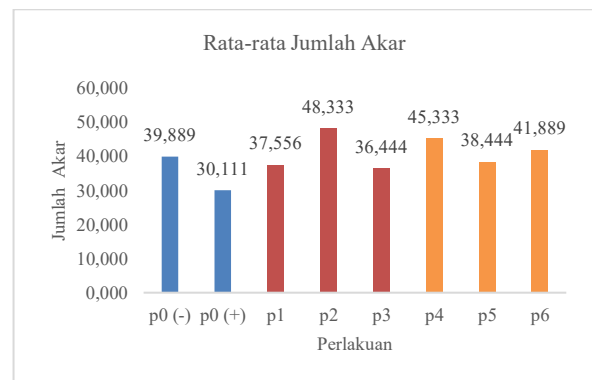
Tabel 3. Hasil Uji Kontras orthogonal efektivitas pengendalian serangan pada buah cabai

Sumber Keragaman	F hitung Efektivitas Pengendalian
P1, P2, P3 vs P4, P5, P6	2,91 tn
P1 vs P3	1,134 tn
P1 vs P2 vs P3	0,055 tn
P4 vs P6	26,919**
P4 vs P5 vs P6	1,75 tn

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

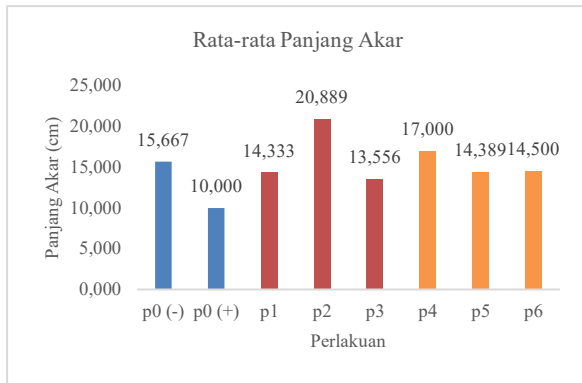
Keterangan: P0-=Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian; P0+=Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian; P1=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen; P2=Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen; P3=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen; P4=Aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen; P5=Aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen; P6=Aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen. tn=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata; **=berbeda sangat nyata.

Pada parameter jumlah dan panjang akar, berat basah akar dan tajuk, berat kering akar dan tajuk, hasil Analisis Varian tidak menunjukkan berbeda nyata. tetapi pada semua parameter tersebut perlakuan aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen (P2) memberikan nilai rata-rata lebih tinggi dari perlakuan aplikasi antrakol WP 2% lainnya (P1 dan P3), sedangkan perlakuan aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen (P4) memberikan nilai rata-rata yang lebih tinggi dari perlakuan aplikasi kitosan lainnya (P5 dan P6). Rata-rata jumlah dan panjang akar terdapat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Rata-rata jumlah akar.

Keterangan: P0-=Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian; P0+=Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian; P1=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen; P2=Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen; P3=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen; P4=Aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen; P5=Aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen; P6=Aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen. Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

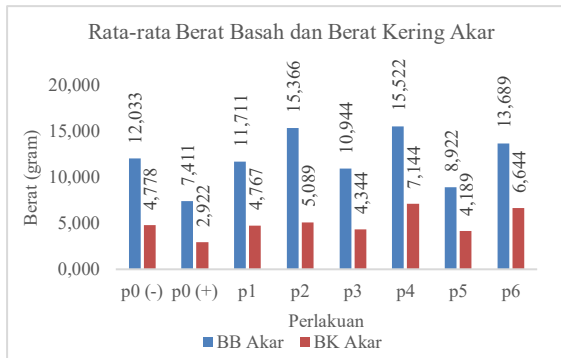


Gambar 2. Rata-rata panjang akar.

Keterangan: P0-=Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian; P0+=Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian; P1=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen; P2=Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen; P3=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen; P4=Aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen; P5=Aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen; P6=Aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen. Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

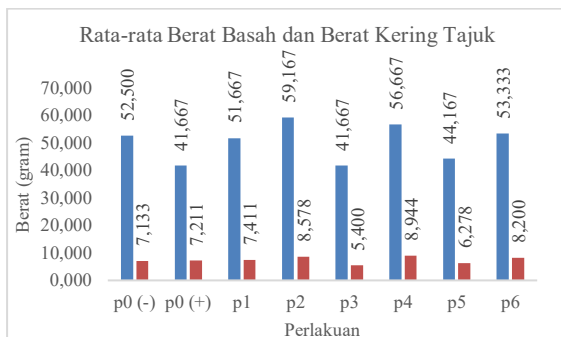
Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen (P2) memiliki efek toksik yang cepat dan kuat, karena kontak langsung dengan spora patogen sehingga mengeliminasi atau menghambat perkecambahan spora. Eliminasi patogen yang sangat cepat pada fase awal infeksi mencegah tanaman mengalami stres penyakit. Hal ini memungkinkan tanaman untuk mempertahankan laju pertumbuhan yang normal, yang terlihat dari biomassa akar dan tajuk yang lebih baik. Berbeda dengan aplikasi kitosan yang menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen (P4) memberikan nilai rata-rata yang paling tinggi dibandingkan perlakuan aplikasi

kitosan lainnya (P5 dan P6). Hal ini disebabkan oleh dua fungsi kitosan yaitu sebagai penginduksi ketahanan tanaman dan sebagai biostimulan. Aplikasi kitosan 2 minggu sebelum inokulasi patogen menyebabkan tanaman dapat mengakumulasi protein dan senyawa lain yang menyebabkan tanaman dapat bertahan dari serangan patogen, sehingga pertumbuhan tanaman masih dapat berjalan dengan baik. Sebagai biostimulan kitosan dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan memengaruhi proses fisiologis dan biokimia tanaman (Aziz *et al.*, 2020). Salah satu fungsi kitosan sebagai biostimulan adalah memperbaiki sistem perakaran tanaman sehingga meningkatkan efisiensi serapan hara dan air (Sagala *et al.*, 2024). Serapan hara dan air yang lebih baik akan mempengaruhi pertumbuhan akar dan tajuk tanaman, yang tercermin dalam berat basah dan berat kering tanaman (Gambar 3 dan 4). Berat basah menunjukkan biomassa total termasuk kandungan air, sedangkan berat kering mencerminkan akumulasi senyawa organik hasil fotosintesis dan penyerapan hara tanpa kandungan air. Aplikasi kitosan juga dilaporkan dapat meningkatkan panjang akar, jumlah akar (Sharma *et al.*, 2020), biomassa segar dan kering (Kubavat *et al.*, 2020) pada tanaman jagung.



Gambar 3. Rata-rata berat basah dan berat kering akar.

Keterangan: P0=-Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian; P0+=Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian; P1=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen; P2=Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen; P3=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen; P4=Aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen; P5=Aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen; P6=Aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen. Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).



Gambar 4. Rata-rata berat basah dan berat kering tajuk.

Keterangan: P0=-Kontrol negatif, tanpa inokulasi dan pengendalian; P0+=Kontrol positif, inokulasi penyakit tanpa pengendalian; P1=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu sebelum inokulasi patogen; P2=Aplikasi antrakol WP 2% bersamaan dengan inokulasi patogen; P3=Aplikasi antrakol WP 2% dua minggu setelah inokulasi patogen; P4=Aplikasi kitosan dua minggu sebelum inokulasi patogen; P5=Aplikasi kitosan bersamaan dengan inokulasi patogen; P6=Aplikasi kitosan dua minggu setelah inokulasi patogen. Sumber: Data primer setelah diolah, (2025).

Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kitosan sama efektifnya dengan fungisida sintetis dalam mengendalikan *C. gloeosporioides* pada tanaman cabai dengan intensitas serangan dibawah 50% khususnya pada buah cabai, sehingga kitosan dapat menggantikan fungisida sintetis. Aplikasi kitosan sebelum inokulasi patogen menunjukkan potensi bahwa selain dapat menginduksi ketahanan tanaman juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan efisiensi serapan hara, meningkatkan akumulasi senyawa organik hasil fotosintesis sehingga memberikan nilai berat kering akar dan tajuk tanaman cabai yang lebih baik dibandingkan penggunaan fungisida.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam pengendalian penyakit antraknosa pada cabai, penggunaan kitosan setara dengan penggunaan fungisida. Kitosan lebih baik diaplikasikan sebelum inokulasi karena dapat menginduksi ketahanan tanaman, memberikan intensitas serangan pada buah yang paling rendah (38,6%), dan efektifitas pengendalian pada buah yang paling tinggi (19,99%). Kitosan juga berperan sebagai biostimulan yang meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar dan tajuk tanaman

cabai. Kitosan adalah alternatif pengendalian hayati yang menjanjikan terhadap antraknosa cabai rawit. Aplikasi kitosan terbaik adalah sebelum inokulasi untuk memaksimalkan efek induksi ketahanan dan biostimulan.

Saran

Kitosan berpotensi menjadi teknologi yang ramah lingkungan yang mendukung pertanian berkelanjutan. Penelitian lanjutan yang perlu dilakukan adalah mengkombinasikan kitosan dengan rizobakteri terkait konsentrasi kitosan dan jenis rizobakteri, frekuensi aplikasi agar induksi ketahanan tanaman lebih efektif juga pertumbuhan dan produksi tanaman lebih baik lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Borneo Tarakan atas bantuan dana penelitian melalui program Riset Dasar (RD), dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M. A., Esyanti, R. E., & Dwivanny, F. M. (2020). Pengaruh kitosan terhadap peningkatan level ekspresi WRKY17 dan WRKY53 tanaman *Capsicum annuum* cv. Laba pada kondisi kekeringan. *Menara Perkebunan*, 88(2), 120–129. DOI: <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v88.i2.380>
- Bigear, J., Colcombet, J., & Hirt, H. (2015). Signaling mechanisms in pattern-triggered immunity (PTI). *Molecular*

Plant, 8(4), 521–539. DOI: 10.1016/j.molp.2014.12.022

- Cahyami, P. S., Hamidson, H., Tricahyati, T., Arsi, A., Suparman, S., Melinda, D., Agustia, D., Saragih, E. S. B., Sulistianingsih, P., & Rahmawati, S. (2024). Intensitas serangan penyakit antraknosa (*Colletotrichum* sp.) pada tanaman cabai merah (*Capsicum annuum*) di Desa Tanjung Senai Kecamatan Indralaya Utara, Kabupaten Ogan Ilir. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, 12(1), 778–786.
- Chang, A. K. T., Frias Jr, R. R., Alvarez, L. V., Bigol, U. G., & Guzman, J. P. M. D. (2019). Comparative antibacterial activity of commercial chitosan and chitosan extracted from *Auricularia* sp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17, 189–195.
- De Silva, D. D., Crous, P. W., Ades, P. K., Hyde, K. D., & Taylor, P. W. (2017). Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 155–168. DOI: 10.1016/j.fbr.2017.05.001
- Dubin, A., Likhanov, A., Klyachenko, O., Subin, A., & Kluvadenco, A. (2020). Effect of chitosan formulations of different biological origin on tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) PR-genes expression. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(6), 1141–1144.
- El Hadrami, A., Adam, L. R., El Hadrami, I., & Daayf, F. (2010). Chitosan in plant protection. *Marine Drugs*, 8(4), 968–987. DOI: 10.3390/md8040968
- Fournier, P., Szczepanski, C. R., Godeau, R.-P., & Godeau, G. (2020). Chitosan extraction from *Goliathus orientalis* Moser, 1909: Characterization and comparison with commercially available chitosan. *Biomimetics*, 5(2), 15. DOI: 10.3390/biomimetics5020015
- García-Rincón, J., Vega-Pérez, J., Guerra-Sánchez, M. G., Hernández-Lauzardo, A. N., Peña-Díaz, A., & Velázquez-Del Valle, M. G. (2010). Effect of chitosan on growth and plasma membrane properties of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill. *Pesticide Biochemistry and*

- Physiology*, 97(3), 275–278. DOI: 10.1016/j.pestbp.2010.06.006
- Kubavat, D., Trivedi, K., Vaghela, P., Prasad, K., Vijay Anand, G. K., Trivedi, H., Patidar, R., Chaudhari, J., Andhariya, B., & Ghosh, A. (2020). Characterization of a chitosan-based sustained release nanofertilizer formulation used as a soil conditioner while simultaneously improving biomass production of *Zea mays* L. *Land Degradation & Development*, 31(17), 2734–2746. DOI: 10.1002/ldr.3559
- Leiwakabessy, C., Giyanto, G., Muttaqin, K. H., Trikoesoemaningtyas, T., & Talahaturuson, A. (2024). Ekspresi gen PR-1 melalui induksi ketahanan tanaman padi terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* menggunakan *Lysinibacillus sphaericus* dan asam salisilat. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 7(1), 155–166.
- Liu, H., Du, Y., Wang, X., & Sun, L. (2004). Chitosan kills bacteria through cell membrane damage. *International Journal of Food Microbiology*, 95(2), 147–155. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.02.022
- Luo, Q., Wang, Y., Han, Q., Ji, L., Zhang, H., Fei, Z., & Wang, Y. (2019). Comparison of the physicochemical, rheological, and morphologic properties of chitosan from four insects. *Carbohydrate Polymers*, 209, 266–275. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.03.001
- Mauch-Mani, B., Baccelli, I., Luna, E., & Flors, V. (2017). Defense priming: An adaptive part of induced resistance. *Annual Review of Plant Biology*, 68, 485–512. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042916-040952
- Meng, X., Yang, L., Kennedy, J. F., & Tian, S. (2010). Effects of chitosan and oligochitosan on growth of two fungal pathogens and physiological properties in pear fruit. *Carbohydrate Polymers*, 81(1), 70–75. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.03.038
- Muñoz, Z., Moret, A., & Garcés, S. (2009). Assessment of chitosan for inhibition of *Colletotrichum* sp. on tomatoes and grapes. *Crop Protection*, 28(1), 36–40. DOI: 10.1016/j.cropro.2008.09.020
- Prapagdee, B., Kotchadat, K., Kumsopa, A., & Visarathanonth, N. (2007). The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by *Fusarium solani* f. Sp. *Glycines*. *Bioresource Technology*, 98(7), 1353–1358. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.07.004
- Rahmadhani, D. A. R., & Chatrri, M. (2023). Pengaruh suspensi daun kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap penyakit antraknosa pada buah cabe pasca panen yang disebabkan *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butl. Et Bisby. *Jurnal Serambi Biologi*, 8(3), 384–390.
- Riseh, R. S., Vazvani, M. G., Vatankhah, M., & Kennedy, J. F. (2024). Chitin-induced disease resistance in plants: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 266, 131105. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.131105
- Rosmania, R., & Yanti, F. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di laboratorium mikrobiologi menggunakan pengembangan metode spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76–86.
- Sagala, R., Astuti, Y. T. M., & Ginting, C. (2024). Pengaruh frekuensi pemberian dan dosis kitosan terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. *Agroforetech*, 2(1), 61–66.
- Saharan, V., Mehrotra, A., Khatik, R., Rawal, P., Sharma, S. S., & Pal, A. (2013). Synthesis of chitosan based nanoparticles and their in vitro evaluation against phytopathogenic fungi. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62, 677–683. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2013.08.001
- Sánchez-Domínguez, D., Ríos, M. Y., Castillo-Ocampo, P., Zavala-Padilla, G., Ramos-García, M., & Bautista-Baños, S. (2011). Cytological and biochemical changes induced by chitosan in the pathosystem *Alternaria alternata*–tomato. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99(3), 250–255. DOI: 10.1016/j.pestbp.2011.01.002
- Sarwono, E., Nurdin, M., & Prasetyo, J. (2013). Pengaruh kitosan dan *Trichoderma* sp. terhadap keparahan penyakit antraknosa

- (*Colletotrichum capsici* (Syd.) Butl. Et Bisby) pada buah cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(3).
- Sharma, G., Kumar, A., Devi, K. A., Prajapati, D., Bhagat, D., Pal, A., Raliya, R., Biswas, P., & Saharan, V. (2020). Chitosan nanofertilizer to foster source activity in maize. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 226–234. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.12.215
- Sitorus, R. F., Karo-Karo, T., & Lubis, Z. (2014). Pengaruh konsentrasi kitosan sebagai edible coating dan lama penyimpanan terhadap mutu buah jambu biji merah. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 2(1), 37–46.
- Torres-Rodriguez, J. A., Reyes-Perez, J. J., Castellanos, T., Angulo, C., Quinones-Aguilar, E. E., & Hernandez-Montiel, L. G. (2021). A biopolymer with antimicrobial properties and plant resistance inducer against phytopathogens: Chitosan. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(1), 12231–12231. DOI: 10.15835/nbha49112231
- Vlot, A. C., Sales, J. H., Lenk, M., Bauer, K., Brambilla, A., Sommer, A., Chen, Y., Wenig, M., & Nayem, S. (2021). Systemic propagation of immunity in plants. *New Phytologist*, 229(3), 1234–1250. DOI: 10.1111/nph.17289