

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI EFIKASI
NANOPARTIKEL KITOSAN TERHADAP
Zucchini yellow mosaic virus DAN KUTU DAUN
VEKTOR *Aphis gossypii* Glover**

DIANA FACHRIANI



**PROGRAM STUDI PENGENDALIAN HAMA TERPADU
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul “Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Efikasi Nanopartikel Kitosan Terhadap *Zucchini yellow mosaic virus* dan Kutu Daun Vektor *Aphis gossypii* Glover” adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir usulan penelitian ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Diana Fachriani
A3503232039

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

DIANA FACHRIANI. Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Efikasi Nanopartikel Kitosan Terhadap *Zucchini yellow mosaic virus* dan Kutu Daun Vektor *Aphis gossypii* Glover. Dibimbing oleh TRI ASMIRA DAMAYANTI, SUGENG SANTOSO, dan AKHIRUDDIN.

Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) merupakan salah satu virus penting penyebab penyakit mosaik pada tanaman famili Cucurbitaceae, termasuk mentimun. Kitosan dilaporkan mampu mengendalikan infeksi virus tumbuhan terutama yang ditularkan oleh kutu daun. Namun, penerapan kitosan nanopartikel (Kit-NP) dalam pengelolaan virus masih jarang dikaji, meskipun bentuk nanopartikel (NP) menawarkan keefektifan yang lebih tinggi dan efisien dalam penggunaannya untuk skala lapangan. Penelitian ini bertujuan: (1) menyintesis kitosan nanopartikel berukuran kurang dari 50 nm menggunakan metode gelasi ionik dan modifikasinya serta mengarakterisasi NP, (2) seleksi waktu dan penentuan konsentrasi terbaik NP dalam menekan infeksi ZYMV pada tanaman indikator *Chenopodium amaranticolor*, (3) mengevaluasi keefektifan Kit-NP dalam mengendalikan infeksi dan penularan ZYMV melalui kutu daun vektor, dan (4) menguji pengaruh Kit-NP terhadap preferensi dan mortalitas kutu daun.

Kitosan disintesis dengan metode gelasi ionik menggunakan sodium triphosphosphate (STPP) 0,1% (b/v) dan dimodifikasi dengan ultrasonikasi (Kit-NP+S) pada 20 kHz selama 5 menit. Karakterisasi NP dilakukan dengan pengamatan *high resolution transmission electron microscope* (HR-TEM) untuk mengetahui bentuk dan ukuran partikel. Gugus fungsi ditentukan menggunakan *fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR), dan analisis zeta potensial menggunakan *nano particle size analyzer*.

Seleksi dan penentuan konsentrasi kitosan (Kit), Kit-NP, dan Kit-NP+S serta waktu aplikasi yang terbaik dilakukan dengan *bioassay* pada tanaman indikator *C. amaranticolor*. Waktu aplikasi dilakukan sebelum dan setelah 24 jam tanaman diinokulasi ZYMV. Perlakuan diuji pada konsentrasi 50–300 ppm. Indikator yang diamati yaitu waktu inkubasi, jumlah lesio lokal nekrotik (LLN), dan tingkat hambatan relatif (THR) pembentukan LLN.

Efikasi Kitosan (Kit), Kit-NP, dan Kit-NP+S terhadap ZYMV dilakukan dengan penularan virus melalui kutu daun *Aphis gossypii* Glover viruliferus pada tanaman mentimun di rumah kaca. Konsentrasi terbaik larutan NP dan non-NP disemprotkan pada daun tanaman umur 1 minggu setelah tanam (MST) sebelum inokulasi ZYMV. Indikator yang diamati meliputi periode inkubasi, insidensi penyakit, keparahan penyakit, titer virus (daun dan kutu daun), aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) dan phenylalanine ammonia liase (PAL), kadar klorofil, dan parameter agronomi. Titer virus dideteksi secara serologi dengan metode DAS-ELISA.

Kemampuan Kit, Kit-NP, dan Kit-NP+S terhadap preferensi makan dan mortalitas kutu daun *Aphis gossypii* Glover diuji dengan *choice test* menggunakan dua konsentrasi terbaik hasil *bioassay* pada tanaman indikator. Peubah yang diamati yaitu jumlah kutu daun per tanaman pada 1, 3, 6, dan 12 jam setelah infestasi (JSI). Aktivitas insektisidal dilakukan dengan penyemprotan langsung Kit-NP dan diukur persentase mortalitas kutu daun pada 12, 24, dan 48 jam setelah perlakuan (JSP).



Kit-NP dan Kit-NP+S berhasil disintesis dengan metode gelasi ionik dan modifikasi ultrasonikasi. Ukuran rata-rata partikel Kit-NP dan Kit-NP+S adalah 7,77 nm dan 3,78 nm dengan morfologi berbentuk sferis dan pola *selected area electron diffraction* (SAED) yang sama yaitu semi-kristalin. Kitosan dan Kit-NP menunjukkan bilangan gelombang (cm^{-1}) dan ikatan yang sama pada bilangan gelombang 2087 ($\text{C}\equiv\text{C}$), 1634 ($>\text{N}-\text{H}$), 1277 ($\text{C}-\text{N}$), dan 983, 925, 866 ($\text{C}-\text{H}$) yang merupakan gugus fungsi hidroksil, alkine internal lemah, amina, aryl (cincin aromatik), dan alkena. Perbedaan bilangan gelombang (cm^{-1}) kitosan terdapat pada 3293 ($\text{O}-\text{H}$) dan 1377 ($-\text{CH}_3$) yaitu gugus fungsi hidroksil dan alkana, sedangkan Kit-NP pada 3289 ($\text{O}-\text{H}$) yaitu gugus fungsi hidroksil, serta Kit-NP memiliki nilai rata-rata zeta potensial sebesar $-19,6$ mV.

Penyemprotan daun *C. amaranticolor* dengan Kit, Kit-NP, dan Kit-NP+S pada konsentrasi 50–300 ppm sebelum dan setelah inokulasi virus menunjukkan periode inkubasi yang tidak berbeda nyata (5 dan 6 hari setelah inokulasi-HSI) dibandingkan kontrol tanpa perlakuan (5 HSI). Perlakuan NP sebelum inokulasi ZYMV mampu menekan LLN dengan tingkat hambatan relatif berkisar 33,3%–71,7% dibandingkan dengan aplikasi setelah inokulasi virus. Waktu aplikasi dan konsentrasi terbaik NP dalam menekan pembentukan LLN adalah antara 150–200 ppm yang diaplikasikan sebelum inokulasi ZYMV.

Berdasarkan hasil efikasi pada tanaman mentimun, perlakuan Kit, Kit-NP, dan Kit-NP+S pada konsentrasi 150–200 ppm sebelum inokulasi ZYMV dapat memperpanjang periode inkubasi dan mengurangi skor keparahan penyakit dibandingkan kontrol sakit dengan keefektifan penghambatan sebesar 26%–54%. Gejala penyakit yang muncul pada tanaman perlakuan menunjukkan gejala ringan (mosaik hijau gelap-terang dan klorosis ringan). Perlakuan Kit, Kit-NP, dan Kit-NP+S pada konsentrasi 150–200 ppm menekan titer virus dibandingkan kontrol sakit, dengan keefektifan berkisar 38,8–61,5%, meskipun tidak berbeda nyata antarperlakuan. Semua perlakuan tidak menghambat kutu daun dalam menularkan ZYMV, tetapi mampu menekan replikasi virus di dalam jaringan tanaman setelah inokulasi. Selain itu, perlakuan Kit-NP dan Kit-NP+S pada konsentrasi 150–200 ppm mampu menginduksi mekanisme pertahanan tanaman melalui peningkatan aktivitas enzim PPO, namun tidak meningkatkan protein PAL.

Penyemprotan daun dengan Kit-NP dan Kit-NP+S pada konsentrasi 150–200 ppm menunjukkan jumlah kutu daun nyata lebih sedikit dibandingkan perlakuan Kit 150–200 ppm dan Kit-NP 300 ppm pada 12 JSI. Mortalitas kutu daun yang disemprot langsung dengan Kit, Kit-NP, dan Kit-NP+S pada konsentrasi 150–200 ppm berkisar 35%–70% dan nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol tanpa perlakuan pada 48 JSP. Namun antarperlakuan tidak berbeda nyata; perlakuan Kit, Kit-NP, dan Kit-NP+S dengan konsentrasi 150–200 ppm menunjukkan efek non-preferensi yang menghambat kutu daun mendatangi tanaman perlakuan dan bersifat insektisidal terhadap kutu daun.

Kata kunci: antivirus, gelasi ionik, kitosan nanopartikel, nanobioinsektisida, non-preferensi

SUMMARY

DIANA FACHRIANI. Synthesis, Characterization, and Its Efficacy Chitosan Nanoparticles Against *Zucchini yellow mosaic virus* and Aphid Vector *Aphis gossypii* Glover. Supervised by TRI ASMIRA DAMAYANTI, SUGENG SANTOSO, and AKHIRUDDIN.

Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) is one of the important viruses that causes mosaic disease in plants of the Cucurbitaceae family, including cucumbers. Chitosan has been reported to control viral infections, especially those transmitted by aphids. However, the application of chitosan nanoparticles (Chi-NP) for virus management is still rarely studied, even though the nanoparticle (NP) form offers greater effectiveness and efficiency at the field scale. The study aims to: (1) synthesize chitosan nanoparticles measuring less than 50 nm using ionic gelation methods and its modifications and characterize NP, (2) select the time and determine the best concentration of NP in suppressing ZYMV infection in the indicator plant *Chenopodium amaranticolor*, (3) evaluate the effectiveness of Chi-NP in controlling ZYMV infection and transmission through aphid vectors, and (4) test the effect of Chi-NP on aphid preference and mortality.

Chitosan was synthesized by ionic gelation with 0.1% (w/v) sodium triphosphosphate (STPP) and modified by ultrasonication (Chi-NP+S) at 20 kHz for 5 minutes. NP characterization was performed using a High-resolution transmission electron microscope (HR-TEM) to determine particle shape and size. Functional groups were determined using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and zeta potential analysis using a nanoparticle size analyzer.

The selection and determination of the optimal concentrations of chitosan (Chi), Chi-NP, and Chi-NP+S, as well as the application time, were conducted using a bioassay on the indicator plant *C. amaranticolor*. Application times were determined 24 hours before and after ZYMV inoculation. Treatments were tested at concentrations of 50–300 ppm. The indicators observed were incubation time, the number of local necrotic lesions (NLL), and the relative inhibition level (RIL) of NLL formation.

The efficacy of Chitosan (Chi), Chi-NP, and Chi-NP+S against ZYMV was evaluated by inoculating cucumber plants in a greenhouse using viruliferous *Aphis gossypii* Glover aphids. The optimal concentrations of NP and non-NP solutions were sprayed onto plant leaves one week after planting (WAP), prior to ZYMV inoculation. Observed parameters included the incubation period, disease incidence, disease severity, virus titer (in leaves and aphids), polyphenol oxidase (PPO) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) enzyme activities, chlorophyll content, and agronomic parameters. Virus titers were detected serologically using the DAS-ELISA method.

The effects of Chi, Chi-NP, and Chi-NP+S on the feeding preference and mortality of *Aphis gossypii* Glover aphids were assessed via choice tests, utilizing the two best concentrations identified in the bioassay on indicator plants. The observed variable was the number of aphids per plant at 1, 3, 6, and 12 hours post-infestation (HPI). Insecticidal activity was evaluated through direct spraying of Kit-NP, with aphid mortality percentages measured at 12, 24, and 48 hours post-treatment (HPT).



Chi-NP and Chi-NP+S were successfully synthesized by the ionic gelation method and its modification. The average particle sizes of Chi-NP and Chi-NP+S were 7.77 nm and 3.78 nm, respectively, with spherical morphology and the same selected-area electron diffraction (SAED) pattern, namely, semi-crystalline. Chitosan and Chi-NP showed the same wavenumber (cm^{-1}) and bond at wavenumbers of 2087 ($\text{C}\equiv\text{C}$), 1634 ($>\text{N}-\text{H}$), 1277 ($\text{C}-\text{N}$), and 983, 925, 866 ($\text{C}-\text{H}$), which are hydroxyl functional groups, weak internal alkynes, amines, aryl (aromatic rings), and alkenes. The difference in wavenumber (cm^{-1}) of chitosan is found at 3293 ($\text{O}-\text{H}$) and 1377 ($-\text{CH}_3$), namely the hydroxyl and alkane functional groups, while Chi-NP at 3289 ($\text{O}-\text{H}$) is the hydroxyl functional group. Chi-NP has an average zeta potential of -19.6 mV.

Spraying *C. amaranticolor* leaves with Chi, Chi-NP, and Chi-NP+S at concentrations of 50–300 ppm before and after virus inoculation showed no significant differences in the incubation period (5 and 6 days after inoculation-DAI) compared to the untreated control (5 DAI). NP treatment before ZYMV inoculation suppressed LLN, with a relative inhibition rate ranging from 33.3% to 71.7%, compared with application after virus inoculation. The optimal application time and concentration of NP to suppress LLN formation were 150–200 ppm, applied before ZYMV inoculation.

Based on efficacy results on cucumber plants, treatments with Chi, Chi-NP, and Chi-NP+S at concentrations of 150–200 ppm prior to ZYMV inoculation prolonged the incubation period and reduced disease severity scores compared to the infected control, achieving inhibition rates of 26%–54%. Symptoms observed on treated plants were mild (dark-light green mosaic and mild chlorosis). Treatments with Chi, Chi-NP, and Chi-NP+S at 150–200 ppm suppressed viral titers relative to the infected control, with effectiveness ranging from 38.8% to 61.5%, although no significant differences were observed among the treatments. None of the treatments inhibited aphid-mediated transmission of ZYMV, but they suppressed viral replication within plant tissues post-inoculation. Furthermore, treatments with Chi-NP and Chi-NP+S at 150–200 ppm induced plant defense mechanisms by increasing PPO activity, but did not increase PAL protein levels.

Foliar spraying with Chi-NP and Chi-NP+S at 150–200 ppm resulted in significantly lower aphid numbers compared to the Chi (150–200 ppm) and Chi-NP (300 ppm) treatments at 12 hours post-inoculation (HPI). Mortality rates for aphids sprayed directly with Chi, Chi-NP, and Chi-NP+S at 150–200 ppm ranged from 35% to 70%, which were significantly higher than the untreated control at 48 hours post-spraying (HPS); however, there were no significant differences among the treatments. Treatments with Chi, Chi-NP, and Chi-NP+S at 150–200 ppm demonstrated a non-preference effect—deterring aphids from settling on treated plants—and exhibited insecticidal activity against the aphids.

Keywords: antiviral, chitosan nanoparticles, ionic gelation, nanobioinsecticide, non-preference



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2026
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI EFIKASI
NANOPARTIKEL KITOSAN TERHADAP
Zucchini yellow mosaic virus DAN KUTU DAUN
VEKTOR *Aphis gossypii* Glover**

DIANA FACHRIANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Magister Sains pada
Program Studi Pengendalian Hama Terpadu

**PROGRAM STUDI PENGENDALIAN HAMA TERPADU
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Efikasi Nanopartikel Kitosan Terhadap *Zucchini yellow mosaic virus* dan Kutu Daun Vektor *Aphis gossypii* Glover
Nama : Diana Fachriani
NIM : A3503232039

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Sugeng Santoso, M.Agr.



Pembimbing 3:
Prof. Dr. Akhiruddin, S.Si, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Ali Nurmansyah, M.Si.
NIP. 196302121990021001



Dekan Fakultas Pertanian
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 196902121992031003

Tanggal Ujian: 9 Juli 2026

Tanggal Lulus: 13 AUG 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penyusunan tesis yang berjudul Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Efikasi Nanopartikel Kitosan Terhadap *Zucchini yellow mosaic virus* dan Kutu Daun Vektor *Aphis gossypii* Glover.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr. selaku ketua komisi pembimbing, Dr. Ir. Sugeng Santoso, M. Agr. dan Prof. Dr. Akhiruddin, S.Si, M.Si. selaku anggota komisi pembimbing, atas segala bimbingan, arahan, masukan, serta dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Sari Nurulita, S.P, M.Si. selaku penguji pada sidang tesis serta Dr. Ir. Ali Nurmansyah, M.Si. Selaku Ketua Program Studi pada ujian tesis yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penulisan tugas akhir. Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (Kemendikbudristek) atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui skema Penelitian Tesis Magister (PTM) berdasarkan kontrak Nomor 006/C3/DT.05.00/PL/2025 dan 23349/IT3.D10/PT.01.03/P/B/2025.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf pengajar Program Studi Pengendalian Hama Terpadu atas ilmu, wawasan, dan pengalaman yang telah diberikan selama masa studi. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh tenaga kependidikan di Departemen Proteksi Tanaman dan Fakultas Pertanian yang senantiasa sabar dan siap membantu penulis. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman di Laboratorium Virologi Tumbuhan, PHT angkatan 2024, dan teman-teman seperjuangan di IPB yang selalu memberikan motivasi, hiburan, dukungan, serta doa selama penulis menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta atas segala doa, kasih sayang, serta dukungan yang tiada henti, baik secara moril maupun materil. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada ayahanda Fachrizal Syahputra Lukman, S.E. ibunda Vera Mirliani, serta adik Azizah Azzahra A.Md.A.B., dan Najwa Ramadhani yang senantiasa memberikan motivasi, semangat, dan selalu menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah yang penulis ambil. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Hafiz, Sumihar, Chaulia, Athifa, Eva, Vio, Fitrah, dan Dinda yang turut memberikan semangat selama penelitian.

Demikian rasa syukur dan ucapan terima kasih ini disampaikan. Penulis mengetahui masih banyak terdapat kekurangan dalam tesis ini, sehingga kritik dan saran diharapkan oleh penulis agar dapat menjadi koreksi untuk menjadi lebih baik. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca maupun peneliti selanjutnya sehingga dapat menjadi sumber amal kebaikan bagi penulis dan seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.

Bogor, Agustus 2026

Diana Fachriani



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Arti Penting Tanaman Mentimun (<i>Cucumis sativus</i> L.)	5
2.2 <i>Zucchini yellow mosaic virus</i> (ZYMV)	5
2.3 <i>Aphis gossypii</i> Glover	8
2.4 Nanopartikel Kitosan	9
2.5 Gelasi Ionik	11
III SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL KITOSAN	12
3.1 Pendahuluan	13
3.2 Metode Penelitian	14
3.3 Hasil dan Pembahasan	14
3.4 Simpulan	17
IV PENENTUAN WAKTU APLIKASI DAN KONSENTRASI TERBAIK NANOPARTIKEL KITOSAN PADA TANAMAN INDIKATOR	18
4.1 Pendahuluan	19
4.2 Metode Penelitian	20
4.3 Hasil dan Pembahasan	21
4.4 Simpulan	26
V EFIKASI NANOPARTIKEL KITOSAN DALAM MENEKAN PENULARAN ZYMV MELALUI KUTU DAUN	27
5.1 Pendahuluan	28
5.2 Metode Penelitian	29
5.3 Hasil dan Pembahasan	32
5.4 Simpulan	41
VI UJI NON PREFERENSI DAN EFEK INSEKTISIDAL NANOPARTIKEL KITOSAN TERHADAP KUTU DAUN	42
6.1 Pendahuluan	43
6.2 Metode Penelitian	44
6.3 Hasil dan Pembahasan	46
6.4 Simpulan	48
VII PEMBAHASAN UMUM	49
VIII SIMPULAN DAN SARAN	53
8.1 Simpulan	53



Hak cipta milik IPB University

8.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	68
RIWAYAT HIDUP	74

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

3.1 Profil spektroskopi FTIR dari Kitosan	15
3.2 Profil spektroskopi FTIR dari Nanopartikel Kitosan	16
4.1 Pengaruh perlakuan kitosan, nanopartikel kitosan, dan nanopartikel kitosan dengan ultrasonikasi terhadap waktu inkubasi pada tanaman indikator (<i>Chenopodium amaranticolor</i>)	23
4.2 Pengaruh perlakuan kitosan, nanopartikel kitosan, dan nanopartikel kitosan dengan ultrasonikasi terhadap rata-rata lesio lokal nekrotik pada tanaman indikator (<i>Chenopodium amaranticolor</i>)	24
4.3 Pengaruh perlakuan kitosan, nanopartikel kitosan, dan nanopartikel kitosan dengan ultrasonikasi terhadap tingkat hambatan relatif lesio lokal nekrotik pada tanaman indikator (<i>Chenopodium amaranticolor</i>)	25
5.1 Pengaruh nanopartikel kitosan terhadap periode inkubasi, insidensi dan keparahan penyakit	34
5.2 Titer virus pada daun perlakuan dan kutu daun	36
5.3 Pengaruh perlakuan terhadap jumlah klorofil daun mentimun	41
6.1 Jumlah kutu daun pada tanaman dengan perlakuan Kit-NP	46
6.2 Mortalitas kutu daun pada perlakuan Kit-NP	47



DAFTAR GAMBAR

1.1 Bagan alir penelitian “Sintesis, Karakterisasi Nanopartikel Kitosan, dan Uji Efikasinya Terhadap <i>Zucchini yellow mosaic virus</i> dan Kutu Daun Vektor <i>Aphis gossypii</i> Glover.”	4
2.1 Ilustrasi skematis genom RNA ZYMV dan pemrosesan protein	7
3.1 Morfologi nanopartikel berdasarkan pengamatan menggunakan HR-TEM	15
3.2 Spektogram FTIR	16
3.3 Nilai rata-rata zeta potensial Kit-NP	17
4.1 Gejala lesio lokal nekrotik pada tanaman indikator <i>Chenopodium amaranticolor</i> yang diberi perlakuan NP dan non-NP	22
5.1 Preparat imago kutu daun (<i>Aphis gossypii</i> Glover) tidak bersayap	33
5.2 Tipe gejala infeksi ZYMV pada mentimun	33
5.3 Aktivitas enzim pertahanan PPO	37
5.4 Total protein PAL	38
5.5 Pengaruh perlakuan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun mentimun pada 8 MSP	39
5.6 Pengaruh perlakuan terhadap jumlah bunga jantan dan bunga betina tanaman mentimun pada 8 MSP	39
5.7 Perbandingan buah dari setiap perlakuan	40
6.1 Skema uji non preferensi kutu daun metode <i>choice test</i>	45
6.2 Skema uji efek insektisidal perlakuan terhadap kutu daun	45

@diprakan IPB University

DAFTAR LAMPIRAN

1	Output uji Kruskal-Wallis pengaruh perlakuan kitosan, nanopartikel kitosan, dan nanopartikel kitosan dengan ultrasonikasi terhadap waktu inkubasi pada tanaman indikator (<i>Chenopodium amaranticolor</i>)	69
2	Output uji Kruskal-Wallis pengaruh perlakuan kitosan, nanopartikel kitosan, dan nanopartikel kitosan dengan ultrasonikasi terhadap rata-rata lesio lokal nekrotik pada tanaman indikator (<i>Chenopodium amaranticolor</i>)	69
3	Output uji Kruskal-Wallis pengaruh perlakuan kitosan, nanopartikel kitosan, dan nanopartikel kitosan dengan ultrasonikasi terhadap tingkat hambatan relatif lesio lokal nekrotik pada tanaman indikator (<i>Chenopodium amaranticolor</i>)	69
4	Output uji Kruskal-Wallis pengaruh nanopartikel kitosan terhadap periode inkubasi	69
5	Output uji Kruskal-Wallis pengaruh nanopartikel kitosan terhadap insidensi penyakit	69
6	Output uji Kruskal-Wallis pengaruh nanopartikel kitosan terhadap keparahan penyakit	69
7	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap titer virus (nilai absorbansi ELISA) pada daun mentimun	70
8	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap titer virus (nilai absorbansi ELISA) pada kutu daun	70
9	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap tinggi tanaman pada mentimun	70
10	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah daun tanaman pada tanaman mentimun	70
11	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah bunga jantan pada tanaman mentimun	70
12	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah bunga betina pada tanaman mentimun	71
13	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah klorofil a pada daun mentimun	71
14	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah klorofil b pada daun mentimun	71
15	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah total klorofil pada daun mentimun	71
16	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah kutu daun pada 1 JSI	71
17	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah kutu daun pada 3 JSI	72
18	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah kutu daun pada 6 JSI	72
19	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap jumlah kutu daun pada 12 JSI	72
20	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap mortalitas kutu daun pada 12 JSP	72
21	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap mortalitas kutu daun pada 24 JSP	72
22	Sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap mortalitas kutu daun pada 48 JSP	73

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.