



**POTENSI *CARBON DOTS* KULIT NANAS DAN BUAH
BELIMBING WULUH UNTUK MENGENDALIKAN
Tobacco mosaic virus DAN *Aphis gossypii* Glover.**

ZAHROTUL HURIYAH



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

- 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 dengan judul “Potensi *Carbon dots* Kulit Nanas dan Buah Belimbing Wuluh untuk Mengendalikan *Tobacco mosaic virus* dan *Aphis gossypii* Glover.” adalah karya saya dengan arahan dari dosen 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 tesis ini.

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

Bogor, Juni 2026

Zahrotul Huriyah
A3503241017



@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

ZAHROTUL HURIYAH. Potensi *Carbon dots* Kulit Nanas dan Buah Belimbing Wuluh dalam Mengendalikan *Tobacco mosaic virus* dan *Aphis gossypii* Glover. Dibimbing oleh TRI ASMIRA DAMAYANTI, SUGENG SANTOSO, dan AKHIRUDDIN.

Carbon dots (CDs) adalah *nanomaterial* berbasis karbon berukuran <10 nm tengah mendapat perhatian besar sebagai salah satu pendekatan berkelanjutan yang relatif lebih aman. CDs memiliki solubilitas tinggi, biokompatibel, dan toksisitas sangat rendah (*negligible*) dengan karakteristik khas fluoresens di bawah penyinaran ultraviolet. Selain itu, CDs memiliki karakteristik fungsional yang mudah dimodifikasi layaknya nanopartikel dalam mengendalikan virus tumbuhan. CDs dapat disintesis dengan strategi *bottom-up* dan *top-down* dari berbagai sumber, termasuk biomassa tanaman seperti kulit nanas dan belimbing wuluh yang banyak tersedia di lingkungan sekitar rumah. CDs selama ini lebih banyak dimanfaatkan dalam *biomedicine* sebagai antivirus, *drug delivery*, dan sensor. Pemanfaatannya dalam bidang proteksi tanaman masih jarang dikaji dan sampai saat ini belum terdapat laporan ilmiah terkait pemanfaatan CDs berbasis biomassa tanaman untuk mengendalikan virus tumbuhan dan serangga vektor, khususnya di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menyintesis dan mencirikan CDs dari kulit nanas [*Ananas comosus* (L.) Merr.] dan buah belimbing wuluh [*Averrhoa bilimbi* (L.)] serta mengkaji potensi pemanfaatannya dalam mengendalikan infeksi *Tobacco mosaic virus* (TMV) (*Virgaviridae: Tobamovirus*) dan aktivitas insektisidanya terhadap kutu daun *Aphis gossypii* Glover. (Hemiptera: Aphididae). TMV merupakan virus penting dengan kisaran inang luas, mudah ditularkan secara mekanis, serta memiliki stabilitas partikel dan virulensi yang tinggi. Kutu daun merupakan hama dan vektor penting yang menularkan dan menyebarkan virus tumbuhan. Keduanya digunakan sebagai objek penelitian ini karena peran pentingnya dalam pertanian.

Sintesis CDs dari ekstrak kulit nanas dan buah belimbing wuluh dilakukan menggunakan metode *microwave* dan *hydrothermal*. Sebagai pembanding digunakan CDs dari bahan kimia asam askorbat (*ascorbic acid*). CDs dicirikan berdasarkan bentuk dan ukuran, sifat optik, dan gugus fungsional. Analisis karakteristik CDs dilakukan menggunakan *high resolution transmission electron microscope* (HR-TEM) untuk menentukan bentuk dan ukuran CDs, *spectrofluorometer* untuk menguantifikasi sifat *photoluminescence* (PL), spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur penyerapan cahaya, dan spektroskopi *fourier transform infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi CDs.

Potensi CDs dalam mengendalikan TMV dilakukan dengan penyemprotan daun tanaman indikator *Chenopodium amaranticolor* pada 24 jam sebelum dan sesudah inokulasi TMV pada konsentrasi 100, 200, 300, dan 400 ppm. Parameter yang diamati berupa masa inkubasi, jumlah lesio lokal nekrotik (LLN), akumulasi virus secara serologi, dan tingkat hambatan relatifnya. Aktivitas insektisida CDs terhadap kutu daun dilakukan dengan penyemprotan secara langsung menggunakan konsentrasi terbaik dari pengujian pada tanaman indikator. Parameter yang diamati yaitu mortalitas kutu daun pada 12, 24, dan 48 jam setelah penyemprotan CDs.

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.



CDs kulit nanas dan buah belimbing wuluh berhasil disintesis berukuran 5,5–9,8 nm dengan bentuk amorf hingga kristalin, memiliki luminesensi tinggi dan kemampuan penyerapan pada daerah ultraviolet. Masing-masing CDs tersusun oleh gugus hidroksil dari pelarutnya, alkena hasil karbonisasi, dan *isothiocyanate* yang umumnya berasal dari senyawa alami tanaman. Aplikasi penyemprotan daun dengan CDs, baik sebelum maupun sesudah inokulasi TMV, mampu menunda masa inkubasi sehari lebih lama dibandingkan kontrol tanpa perlakuan. Gejala infeksi TMV pada daun *C. amaranticolor* diawali dengan lesio lokal klorotik yang berkembang menjadi LLN. Peningkatan konsentrasi CDs yang digunakan menyebabkan makin sedikit jumlah LLN yang muncul. Perlakuan CDs secara nyata menghambat gejala LLN dibandingkan kontrol tanpa perlakuan dengan tingkat hambatan relatif berkisar 31%–91% bergantung jenis dan konsentrasi CDs. Akumulasi virus pada perlakuan CDs terdeteksi negatif TMV dengan keefektifan dalam menurunkan titer virus sebesar 25%–53%. Berdasarkan hasil penelitian waktu aplikasi sebelum atau sesudah inokulasi virus menunjukkan keefektifan sebanding dan konsentrasi terbaik CDs 400 ppm.

Kutu daun *Aphis gossypii* Glover, teridentifikasi berdasarkan bentuk tubuh membulat, tungkai panjang dan ramping, sepasang antena tegak, serta warna tubuh beragam dari kuning kehijauan hingga hijau kehitaman. Secara mikroskopis, *A. gossypii* memiliki ciri morfologi khas yakni sepasang kornikel dan kauda dengan 2–3 setae pada ujung abdomen. Aplikasi semprot CDs pada kutu daun *A. gossypii* mampu menyebabkan mortalitas berkisar 35%–55% pada pengamatan 48 jam setelah penyemprotan CDs. CDs kulit nanas dan buah belimbing wuluh menyebabkan mortalitas kutu daun lebih tinggi tetapi tidak berbeda nyata dengan CDs asam askorbat sebagai pembanding, mengindikasikan aktivitas biologis CDs relatif sama. Berdasarkan hasil penelitian, CDs kulit nanas dan buah belimbing wuluh terbukti mampu menekan gejala LLN oleh TMV dan memiliki aktivitas insektisida terhadap kutu daun; mengindikasikan potensi CDs sebagai penginduksi ketahanan, bersifat antivirus, dan nanobioinsektisida. Potensi ini perlu dikaji lebih lanjut keefektifannya terhadap infeksi mekanis TMV pada mentimun inang aslinya dan perlu ditingkatkan keefektifan CDs sebagai nanobioinsektisida melalui doping dengan bahan-bahan lainnya.

Kata kunci: *Aphis gossypii*, antivirus, carbon dots, nanobioinsektisida, *Tobamovirus*

SUMMARY

ZAHROTUL HURIYAH. Potential of *Carbon dots* derived from Pineapple Peel and Bilimbi Fruit to Control *Tobacco mosaic virus* and *Aphis gossypii* Glover. TRI ASMIRA DAMAYANTI, SUGENG SANTOSO, and AKHIRUDDIN.

Carbon dots (CDs), carbon-based nanomaterials measuring <10 nm, are gaining significant attention as a relatively safe and sustainable approach. CDs are highly soluble, biocompatible, and exhibit negligible toxicity, with characteristic fluorescence under ultraviolet irradiation. Furthermore, CDs possess functional properties that can be easily modified, similar to those of nanoparticles, to control plant viruses. CDs can be synthesized using bottom-up and top-down strategies from various sources, including plant biomass such as pineapple peel and bilimbi fruit, which are readily available in the home environment. CDs have primarily been used in biomedicine as antivirals, drug-delivery systems, and sensors. Their use in plant protection has been rarely studied, and to date, there have been no scientific reports on the use of plant biomass-based CDs to control plant viruses and insect vectors, particularly in Indonesia. Therefore, this study aimed to synthesize and characterize CDs from pineapple peel [*Ananas comosus* (L.) Merr.] and bilimbi fruit [*Averrhoa bilimbi* (L.)] and to assess their potential use in controlling *Tobacco mosaic virus* (TMV) (*Virgaviridae: Tobamovirus*) infections and their insecticidal activity against aphids *Aphis gossypii* Glover. (Hemiptera: Aphididae). TMV is an important virus with a wide host range, is easily mechanically transmitted, and exhibits high particle stability and virulence. Aphids are important pests and vectors that transmit and spread plant viruses. Both were included in this study because of their important role in agriculture.

The synthesis of CDs from pineapple peel and bilimbi fruit was carried out using microwave and hydrothermal methods. CDs derived from ascorbic acid were used as a comparison. CDs were characterized by shape and size, optical properties, and functional groups. Analysis of CD characteristics was performed using a high-resolution transmission electron microscope (HR-TEM) to determine CD shape and size, a spectrofluorometer to quantify photoluminescence (PL) properties, a UV-Vis spectrophotometer to measure light absorption, and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy to determine CD functional groups.

The potential of CDs in controlling TMV was determined by spraying the leaves of the indicator plant *Chenopodium amaranticolor* 24 hours before and after TMV inoculation at concentrations of 100, 200, 300, and 400 ppm. The parameters observed were the incubation period, the number of necrotic local lesions (NLL), the virus accumulation by serological test, and the relative inhibition level. The insecticidal activity of CDs against aphids was determined by direct spraying using the best concentration from the test on indicator plants. The parameters observed were aphid mortality at 12, 24, and 48 hours after the CDs spraying.

Pineapple peel and bilimbi fruit CDs were successfully synthesized with a size of 5,5–9,8 nm with an amorphous to crystalline form, possessing high luminescence and ultraviolet absorption capabilities. Each CD is composed of hydroxyl groups from the solvent, carbonized alkenes, and isothiocyanates, which are generally derived from natural plant compounds. Foliar spraying with CDs, both before and after TMV inoculation, delayed the incubation period by 1 day compared



with the untreated control. Symptoms of TMV infection on *C. amaranticolor* leaves began with local chlorotic lesions that developed into NLL. Increasing the concentration of CDs used resulted in fewer NLL numbers. CD treatment significantly inhibited LLN symptoms compared with the untreated control, with relative inhibition rates ranging from 31%–91% depending on the type and concentration of CDs. Virus accumulation in the CDs treatment was detected as TMV-negative, with an effectiveness of reducing virus titer by 25%–53%. Based on the research results, the CDs application before and after virus inoculation demonstrated comparable effectiveness at the optimal concentration of 400 ppm.

Aphids *Aphis gossypii* Glover. are identified by their rounded body shape, long, slender legs, a pair of erect antennae, and varying body color from greenish-yellow to blackish-green. Microscopically, *A. gossypii* has distinctive morphological characteristics: a pair of cornicles and a cauda, with 2–3 setae at the tip of the abdomen. Spraying CDs onto *A. gossypii* aphids caused mortality ranging from 35%–55% at 48 hours after spraying. CDs derived pineapple peel and bilimbi fruit caused higher aphid mortality, but not significantly different from the ascorbic acid CDs used as a comparison, indicating relatively similar biological activity. Based on the research results, CDs derived pineapple peel and bilimbi fruit suppressed NLL symptoms caused by TMV and exhibited insecticidal activity against aphids, indicating their potential as resistance inducers, antiviral agents, and nano-bioinsecticides. This potential needs to be further studied for its effectiveness against mechanical infection of TMV in its native host, cucumber, and the effectiveness of CDs as a nanobioinsecticide needs to be increased through doping with other materials.

Keywords: *Aphis gossypii*, antiviral, carbon dots, nanobioinsecticide, *Tobamovirus*

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

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 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

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.



**POTENSI *CARBON DOTS* KULIT NANAS DAN BUAH
BELIMBING WULUH UNTUK MENGENDALIKAN
Tobacco mosaic virus DAN *Aphis gossypii* Glover.**

ZAHROTUL HURIYAH

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

**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.



Judul Tesis : Potensi *Carbon dots* Kulit Nanas dan Buah Belimbing Wuluh untuk Mengendalikan *Tobacco mosaic virus* dan *Aphis gossypii* Glover.
Nama : Zahrotul Huriyah
NIM : A3503241017

@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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

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: 11 Maret 2026

Tanggal Lulus: 02 JUN 2026



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juni sampai Desember 2025 ialah Teknologi Ketahanan dan Kemandirian Pangan, dengan judul “Potensi *Carbon dots* Kulit Nanas dan Buah Belimbing Wuluh untuk Mengendalikan *Tobacco mosaic virus* dan *Aphis gossypii* Glover.”. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa dan dukungan, serta penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Mukhdori Nur, Ibu Muntamah, Iftitah Anggraeni, Ahmad Firdaus Mahbubi, dan keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan, serta motivasi.
2. Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr., Dr. Ir. Sugeng Santoso, M.Agr., dan Prof. Dr. Akhiruddin, S.Si., M.Si. selaku komisi pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan mulai dari rencana dan pelaksanaan penelitian sampai penyelesaian tesis ini.
3. Dr. Fitrianingrum Kurniawati, S.P., M.Si. selaku pembahas luar komisi pembimbing pada Kolokium dan Ujian Tesis yang telah memberikan masukan dan saran dalam memperbaiki tesis ini.
4. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Departemen Proteksi Tanaman IPB yang telah menyampaikan ilmu dan membantu proses perkuliahan hingga penulis menyelesaikan studi sebagai Magister.
5. Teman-teman Laboratorium Virologi Tumbuhan serta Laboratorium Ekologi dan Biosistematika Serangga yang telah menemani dan memberikan masukan selama penyusunan karya ilmiah ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas beasiswa pendidikan dan penelitian dalam program Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) berdasarkan SK Nomor 2158/E4/DT.04.2/2024.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Zahrotul Huriyah



@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	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Hipotesis	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV)	5
2.2 Kutu Daun sebagai Vektor Virus	6
2.3 <i>Carbon dots</i> (CDs)	7
2.4 Potensi <i>Carbon dots</i> sebagai Antivirus dan Nano insektisida	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Sintesis dan Karakterisasi <i>Carbon dots</i> (CDs)	10
3.3 Uji Kemampuan CDs dalam Menekan Gejala Lesio Lokal Nekrotik (LLN) oleh <i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV)	11
3.4 Uji Aktivitas Insektisida CDs terhadap Kutu Daun	14
3.5 Analisis Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Karakteristik <i>Carbon dots</i>	15
4.2 Potensi Aktivitas <i>Carbon dots</i> sebagai Antivirus	18
4.3 Potensi Aktivitas <i>Carbon dots</i> sebagai Nanobioinsektisida	21
V PEMBAHASAN UMUM	24
VI SIMPULAN DAN SARAN	27
6.1 Simpulan	27
6.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	43



DAFTAR TABEL

2.1	Aplikasi CDs dalam bidang proteksi tanaman	9
4.1	Pengaruh CDs terhadap masa inkubasi, jumlah LLN, dan THR LLN oleh TMV pada daun <i>C. amaranticolor</i>	20
4.2	Pengaruh CDs terhadap titer TMV pada daun <i>C. amaranticolor</i>	21

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 GAMBAR

1.1	Diagram alir penelitian “Potensi <i>Carbon dots</i> Kulit Nanas dan Buah Belimbing Wuluh dalam Mengendalikan <i>Tobacco mosaic virus</i> dan <i>Aphis gossypii</i> Glover.”	4
2.1	Sejarah penelitian penemuan TMV (Zerbini dan Kitajima 2022)	5
2.2	Organisasi genom <i>Tobacco mosaic virus</i> (Ilyas <i>et al.</i> 2022)	5
2.3	Klasifikasi CDs (Ozyrut <i>et al.</i> 2023)	7
3.1	Tahapan sintesis CDs. a. pembuatan ekstrak bahan tanaman, b. sintesis CDs dengan metode iradiasi <i>microwave</i> , dan c. sintesis CDs dengan metode <i>hydrothermal</i>	11
3.2	Tahapan perlakuan CDs ke daun tanaman indikator <i>Chenopodium amaranticolor</i> . a. sebelum inokulasi TMV dan b. sesudah inokulasi TMV	12
3.3	Tahapan uji aktivitas insektisida CDs terhadap mortalitas kutu daun	14
4.1	Hasil sintesis CDs. a. bubuk <i>mic</i> kulit nanas, b. bubuk <i>hyd</i> kulit nanas, c. bubuk <i>mic</i> belimbing wuluh, d. bubuk <i>hyd</i> belimbing wuluh, e. bubuk <i>hyd ascorbic</i> , f. larutan <i>mic</i> kulit nanas, g. larutan <i>hyd</i> kulit nanas, h. larutan <i>mic</i> belimbing wuluh, i. larutan <i>hyd</i> belimbing wuluh, j. larutan <i>hyd ascorbic</i>	15
4.2	Spektrum absorbansi UV-Vis. a. CDs kulit nanas dan b. CDs belimbing wuluh	16
4.3	Spektrum emisi PL. a. CDs kulit nanas dan b. CDs belimbing wuluh	17
4.4	Spektrum FTIR. a. CDs kulit nanas dan b. CDs belimbing wuluh	17
4.5	Morfologi CDs diamati dengan HR-TEM perbesaran 10.000×. a. <i>mic</i> kulit nanas, b. <i>mic</i> belimbing wuluh, c. <i>hyd</i> kulit nanas, dan d. <i>hyd</i> belimbing wuluh	18
4.6	Gejala LLN oleh TMV pada daun <i>C. amaranticolor</i> . a. kontrol sehat, b. kontrol sakit, c. 100 ppm, d. 200 ppm, e. 300 ppm, dan f. 400 ppm	21
4.7	Morfologi kutu daun <i>Aphis gossypii</i> . a. antena, b. kornikel, dan c. kauda	22
4.8	Aktivitas insektisida CDs terhadap kutu daun <i>Aphis gossypii</i> . JSS – jam setelah penyemprotan CDs	23



DAFTAR LAMPIRAN

1	<i>Output uji Kruskal-Wallis</i> pengaruh CDs konsentrasi 100 ppm terhadap masa inkubasi lesio lokal nekrotik	37
2	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 100 ppm terhadap jumlah lesio lokal nekrotik	37
3	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 100 ppm terhadap tingkat hambatan relatif lesio lokal nekrotik	37
4	<i>Output uji Kruskal-Wallis</i> pengaruh CDs konsentrasi 200 ppm terhadap masa inkubasi lesio lokal nekrotik	38
5	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 200 ppm terhadap jumlah lesio lokal nekrotik	38
6	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 200 ppm terhadap tingkat hambatan relatif lesio lokal nekrotik	38
7	<i>Output uji Kruskal-Wallis</i> pengaruh CDs konsentrasi 300 ppm terhadap masa inkubasi lesio lokal nekrotik	39
8	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 300 ppm terhadap jumlah lesio lokal nekrotik	39
9	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 300 ppm terhadap tingkat hambatan relatif lesio lokal nekrotik	39
10	<i>Output uji Kruskal-Wallis</i> pengaruh CDs konsentrasi 400 ppm terhadap masa inkubasi lesio lokal nekrotik	40
11	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 400 ppm terhadap jumlah lesio lokal nekrotik	40
12	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 400 ppm terhadap tingkat hambatan relatif lesio lokal nekrotik	40
13	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 300 dan 400 ppm terhadap nilai absorbansi ELISA	41
14	Sidik ragam pengaruh CDs konsentrasi 300 dan 400 ppm terhadap tingkat hambatan relatif nilai absorbansi ELISA	41
15	Sidik ragam aktivitas insektisida CDs terhadap kutu daun pada 12 jam setelah semprot	42
16	Sidik ragam aktivitas insektisida CDs terhadap kutu daun pada 24 jam setelah semprot	42
17	Sidik ragam aktivitas insektisida CDs terhadap kutu daun pada 48 jam setelah semprot	42

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.