



**PENGAPLIKASIAN *CARBON DOTS* DARI KULIT PEPAYA  
MENGUNAKAN METODE PEMANASAN OVEN TERHADAP  
PERTUMBUHAN TANAMAN BAYAM**

***APPLICATION OF CARBON DOTS FROM PAPAYA PEEL USING THE  
OVEN HEATING METHOD ON SPINACH PLANT GROWTH***

**Bunga Kusuma Putri<sup>1</sup>, Rahmat Firman Septiyanto<sup>2</sup>, Devi Ayu Nur'aini<sup>3</sup>**

<sup>123</sup>Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota  
Serang, Banten, Indonesia

\*Corresponding author: [2280220053@untirta.ac.id](mailto:2280220053@untirta.ac.id)

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis *carbon dots* (C-dots) dari kulit pepaya menggunakan metode pemanasan oven serta mengkaji pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman bayam. Sintesis dilakukan melalui karbonisasi, diikuti penghalusan, pelarutan, dan penyaringan hingga diperoleh larutan C-dots yang jernih. Uji sifat optik menggunakan sinar UV menunjukkan adanya fluoresensi sebagai indikasi terbentuknya nanopartikel karbon. Aplikasi dilakukan dengan variasi konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L, dengan aquades sebagai variabel kontrol. Pertumbuhan tanaman diamati melalui tinggi tanaman selama tujuh hari. Hasil menunjukkan bahwa tambahan C-dots menghasilkan pertumbuhan tanaman lebih baik dibandingkan dengan tanpa C-dots. Sementara itu, pemberian C-dots dengan konsentrasi 1 g/L lebih efektif pada fase awal dan 0,5 g/L lebih stabil pada fase selanjutnya. Temuan ini menunjukkan potensi C-dots sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman berbasis nanoteknologi ramah lingkungan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi variasi konsentrasi dan parameter pertumbuhan lainnya.

**Kata kunci:** Carbon Dots, Kulit Pepaya, Pertumbuhan Bayam, Sintesis.

**ABSTRACT**

*This study aims to synthesize carbon dots (C-dots) from papaya peel using the oven heating method and to examine their effect on spinach growth. The synthesis process involved carbonization, grinding, dissolution, and filtration to obtain a clear C-dots solution. UV light testing showed fluorescence emission, indicating the formation of carbon nanoparticles. C-dots were applied at concentrations of 0.5 g/L and 1 g/L, with distilled water as the control. Plant growth was observed through plant height for seven days. The results showed that C-dots improved plant growth compared to the control. The 1 g/L concentration was more effective in the early phase, while 0.5 g/L showed more stable effects in the later phase. These findings indicate the potential of C-dots as an environmentally friendly nanotechnology-based plant growth enhancer. Further research is recommended to explore other concentrations and growth parameters.*

**Keywords:** Carbon Dots, Papaya Peel, Spinach Growth, Synthesis.



## 1. PENDAHULUAN/ INTRODUCTION

Dalam beberapa dekade terakhir, sektor pertanian menghadapi berbagai permasalahan lingkungan akibat penggunaan bahan kimia secara berlebihan, seperti pupuk dan pestisida sintetis. Penggunaan bahan tersebut dalam jangka panjang dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air, menurunkan kesuburan lahan, serta berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem (Laia et al., 2025). Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan teknologi pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang mulai banyak dikembangkan adalah pemanfaatan nanoteknologi, yaitu teknologi yang memungkinkan manipulasi material pada skala nanometer sehingga menghasilkan sifat-sifat baru yang lebih unggul dibandingkan material konvensional (Rahmi et al., 2023).

Salah satu material nanoteknologi yang banyak dikembangkan adalah *carbon dots* (C-dots) (Jelinek, 2017). *Carbon dots* merupakan nanomaterial berbasis karbon dengan ukuran partikel di bawah 10 nanometer dan pertama kali ditemukan pada tahun 2004 secara tidak sengaja saat proses pemisahan dan pemurnian *carbon nanotube* (Sen & Bose, 2025). Material ini memiliki karakteristik unggul seperti fluoresensi tinggi, biokompatibilitas yang baik, mudah larut dalam air, stabilitas foton yang tinggi, serta biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan nanomaterial lainnya (Ghifari et al., 2017; Permadi, 2026; Zulfajri & Damayanti, 2022). Pada skala nanometer, C-dots menunjukkan sifat optik yang khas berupa fotoluminesensi. Mekanisme fotoluminesensi terjadi ketika elektron pada C-dots menyerap energi dari cahaya eksitasi, kemudian mengalami transisi dari pita energi dasar (*ground state*) ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited state*). Setelah mengalami relaksasi energi, elektron kembali ke keadaan dasar dengan melepaskan energi dalam bentuk cahaya tampak sehingga menghasilkan fluoresensi.

Sifat fotoluminesensi C-dots dipengaruhi oleh ukuran partikel, struktur inti karbon, serta gugus fungsi pada permukaannya. Semakin kecil ukuran partikel, efek *quantum confinement* menjadi semakin dominan sehingga celah energi (*band gap*) meningkat dan emisi cahaya cenderung bergeser ke panjang gelombang yang lebih pendek. Sebaliknya, ukuran partikel yang lebih besar umumnya menghasilkan emisi pada panjang gelombang yang lebih panjang. Selain itu, keberadaan gugus fungsi seperti hidroksil (-OH), karboksil (-COOH), dan amino (-NH<sub>2</sub>) pada permukaan C-dots juga dapat membentuk tingkat energi permukaan (*surface states*) yang berperan dalam proses emisi cahaya.

Dalam bidang pertanian, sifat optik tersebut memungkinkan C-dots berfungsi sebagai pengonversi cahaya (*light converter*). C-dots mampu menyerap radiasi ultraviolet yang kurang efektif digunakan tanaman, kemudian memancarkannya kembali pada wilayah cahaya biru dan merah yang lebih sesuai dengan spektrum serapan klorofil. Transfer energi cahaya ini meningkatkan efisiensi penangkapan foton oleh sistem fotosintesis sehingga proses pembentukan ATP dan NADPH pada reaksi terang berlangsung lebih optimal. Peningkatan efisiensi fotosintesis tersebut dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara lebih baik.

Dalam konteks pertanian, *carbon dots* diketahui mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis tanaman melalui penyerapan dan pemanfaatan cahaya yang lebih optimal. Penelitian oleh Hu et al (2026) menunjukkan bahwa *carbon dots* dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis dan penyerapan nutrisi, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan dan biomassa tanaman. Selain itu, *carbon dots* juga dapat berinteraksi dengan sistem fisiologis tanaman dan meningkatkan aktivitas metabolisme, sehingga berpotensi sebagai agen stimulan pertumbuhan tanaman (Fitri et al., 2025).

Proses sintesis *carbon dots* dapat dilakukan melalui berbagai metode, salah satunya metode *thermal treatment* menggunakan oven. Metode ini banyak digunakan karena relatif sederhana, praktis, dan ekonomis dalam menghasilkan nanopartikel karbon (Turdini et al., 2025). Dalam perkembangannya, penggunaan bahan alami sebagai prekursor *carbon dots* semakin banyak dilakukan karena lebih ramah lingkungan dan mudah diperoleh (Hestina et al., 2024). Salah satu bahan yang berpotensi adalah kulit pepaya. Kulit pepaya dipilih sebagai bahan dasar karena mengandung senyawa organik seperti karbon, flavonoid, dan alkaloid yang berpotensi sebagai sumber karbon dalam sintesis C-dots (Jannah et al., 2025). Produksi pepaya di Indonesia yang mencapai sekitar 1,05 juta ton pada tahun 2022 menunjukkan bahwa limbah kulit pepaya tersedia melimpah, namun belum dimanfaatkan secara optimal (Hawibowo & Muhimmah, 2024).



Sejauh ini, *carbon dots* telah banyak disintesis menggunakan berbagai bahan alami maupun limbah biomassa, seperti daun teh, daun pepaya (Ghifari et al., 2017), kulit salak (Fitri et al., 2025), daun sirih (Sari et al., 2020), kulit jeruk (Maunino et al., 2024), serta bahan organik lainnya. Pemanfaatan bahan-bahan tersebut menunjukkan bahwa limbah organik memiliki potensi besar sebagai sumber karbon dalam sintesis C-dots yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis. Namun, penelitian mengenai sintesis *carbon dots* berbahan dasar kulit pepaya menggunakan metode pemanasan oven serta pengaplikasiannya terhadap pertumbuhan tanaman bayam masih terbatas dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi limbah kulit pepaya sebagai prekursor C-dots sekaligus mengetahui pengaruh aplikasinya terhadap pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis *carbon dots* dari kulit pepaya menggunakan metode pemanasan oven serta mengetahui pengaruh pengaplikasiannya terhadap pertumbuhan tanaman bayam. Tanaman bayam dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki siklus pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan, serta responsif terhadap perlakuan lingkungan maupun pemberian bahan tertentu, sehingga cocok digunakan untuk menguji efektivitas *carbon dots* terhadap pertumbuhan tanaman. Selain itu, bayam merupakan tanaman hortikultura yang memiliki nilai gizi tinggi dan banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia (Elvata, 2017; Handayani et al., 2023; Widayati et al., 2025). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi nanomaterial berbasis bahan alami yang ramah lingkungan serta aplikatif dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

## 2. METODE PENELITIAN/ RESEARCH METHODE

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan jenis penelitian *true experiment*. Penelitian dilakukan untuk mensintesis *carbon dots* (C-dots) dari kulit pepaya menggunakan metode pemanasan oven serta mengkaji pengaruh pengaplikasiannya terhadap pertumbuhan tanaman bayam. Perlakuan yang diberikan terdiri atas aquades sebagai kontrol, C-dots 0,5 g/L, dan C-dots 1 g/L. Untuk meminimalkan pengaruh faktor luar, seluruh tanaman dipelihara dengan kondisi yang sama, meliputi media tanam, volume penyiraman sebanyak 20 mL dua kali sehari, serta lama waktu pengamatan. Penelitian ini dilakukan untuk mendeskripsikan proses sintesis dan hasil pengamatan fluoresensi, serta mengukur pertumbuhan tinggi tanaman bayam pada setiap perlakuan.

### 2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

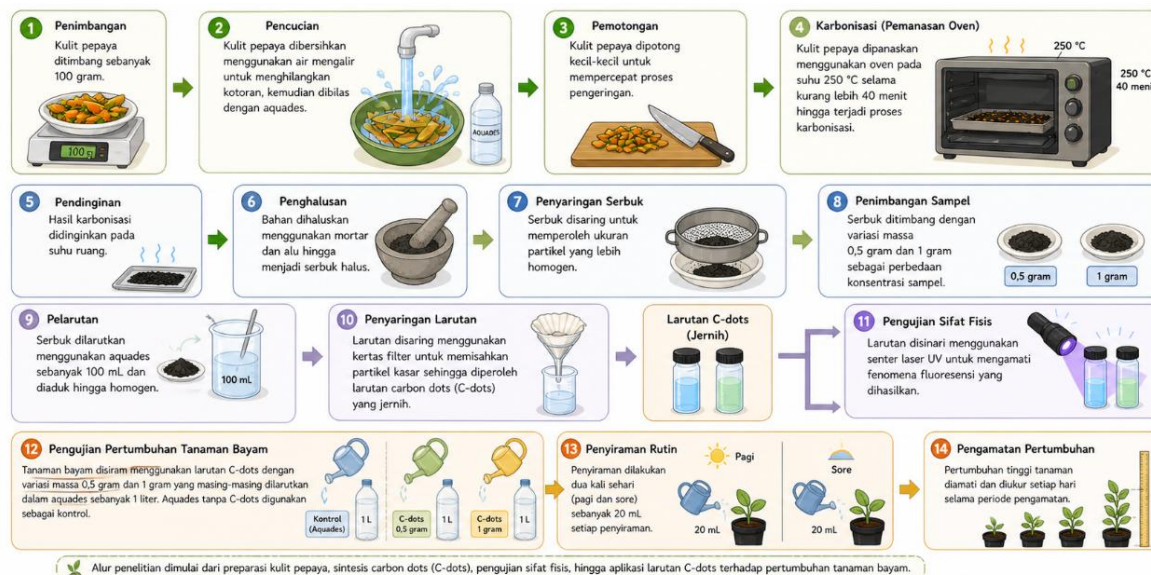
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2026. Proses sintesis *carbon dots* dilakukan di Laboratorium Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Sementara itu, pengujian pertumbuhan tanaman bayam dilakukan di tempat tinggal penulis untuk memudahkan proses pemantauan dan penyiraman secara rutin setiap hari.

### 2.3 Target/Subjek Penelitian

Target penelitian ini adalah *carbon dots* (C-dots) hasil sintesis dari limbah kulit pepaya serta tanaman bayam sebagai objek uji pertumbuhan. *Carbon dots* dibuat dengan variasi massa 0,5 gram dan 1 gram yang kemudian diaplikasikan pada tanaman bayam untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Tanaman bayam dipilih karena memiliki siklus pertumbuhan yang cepat dan responsif terhadap perlakuan lingkungan maupun pemberian bahan berbasis nanoteknologi.

## 2.4 Prosedur

Proses sintesis *carbon dots* dilakukan menggunakan metode pemanasan oven pada suhu 250°C selama 40 menit. Variasi massa *carbon dots* yang digunakan yaitu 0,5 gram dan 1 gram. Larutan hasil sintesis kemudian diuji menggunakan senter laser UV untuk mengamati fluoresensi. Pada tahap aplikasi, larutan C-dots diberikan pada tanaman bayam dengan konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L, sedangkan aquades digunakan sebagai kontrol. Penyiraman dilakukan dua kali sehari sebanyak 20 mL, kemudian pertumbuhan tanaman diamati melalui pengukuran tinggi tanaman selama tujuh hari. Skema prosedur penelitian ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Skema Prosedur Penelitian

## 2.5 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian meliputi oven, neraca digital, mortar dan alu, gelas beker, filter kopi, spatula, senter laser UV, serta penggaris untuk mengukur tinggi tanaman bayam. Larutan C-dots yang telah diperoleh kemudian diuji menggunakan senter laser UV untuk mengamati fluoresensi sebagai indikasi terbentuknya nanopartikel karbon. Data yang diperoleh berupa perubahan warna dan intensitas pendaran fluoresensi pada masing-masing sampel. Selanjutnya, dilakukan pengamatan pertumbuhan tanaman bayam melalui pengukuran tinggi tanaman setiap hari selama tujuh hari pengamatan. Data yang diperoleh berupa perubahan tinggi tanaman bayam pada masing-masing perlakuan.

## 2.6 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengamatan pada setiap perlakuan. Data fluoresensi dianalisis berdasarkan tingkat kecerahan dan perubahan warna yang muncul saat larutan disinari sinar UV. Sementara itu, data pertumbuhan tanaman dianalisis dengan membandingkan tinggi tanaman bayam pada perlakuan aquades, C-dots 0,5 gram, dan C-dots 1 gram selama tujuh hari pengamatan. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui pengaruh serta konsentrasi optimum *carbon dots* terhadap pertumbuhan tanaman bayam.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN/ RESULT AND DISCUSSION

#### 3.1 Hasil Sintesis *Carbon Dots* (C-dots)

Sintesis *carbon dots* (C-dots) dari kulit pepaya berhasil dilakukan menggunakan metode pemanasan oven. Proses karbonisasi menghasilkan material berwarna coklat kehitaman yang kemudian diolah menjadi serbuk halus. Setelah melalui tahap pelarutan dan penyaringan, diperoleh larutan C-dots yang jernih dan berwarna kecokelatan. Larutan ini menunjukkan bahwa hasil sintesis dapat terdispersi dengan baik dalam pelarut aquades, sehingga berpotensi untuk diaplikasikan lebih lanjut.

Keberhasilan sintesis juga didukung oleh hasil pengujian sederhana menggunakan senter laser UV. Larutan C-dots menunjukkan adanya pendaran (fluoresensi) yang ditandai dengan perubahan warna dari kuning menjadi hijau kebiruan saat disinari sinar UV. Hal ini menunjukkan bahwa partikel *carbon dots* telah terbentuk dan memiliki sifat optik khas berupa fotoluminesensi (Ghifari et al., 2017).

Pengujian fluoresensi dilakukan pada dua variasi massa, yaitu 0,5 gram dan 1 gram. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kedua sampel menghasilkan pendaran, namun dengan intensitas yang berbeda. Sampel dengan massa 0,5 gram menghasilkan fluoresensi yang lebih terang dibandingkan dengan sampel 1 gram.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Sampel dengan Massa 0,5 gram dan (b) Sampel dengan Massa 1 gram

Perbedaan ini disebabkan oleh fenomena *concentration quenching*, di mana pada konsentrasi yang lebih tinggi terjadi interaksi antar partikel yang menyebabkan energi tidak dipancarkan secara optimal sebagai cahaya, melainkan hilang dalam bentuk energi non-radiatif (Sen & Bose, 2025). Akibatnya, intensitas cahaya pada konsentrasi tinggi menjadi lebih redup.

#### 3.2 Pengujian Pertumbuhan Tanaman Bayam

Pengaruh larutan C-dots terhadap pertumbuhan tanaman bayam diamati melalui pengukuran tinggi tanaman setiap hari selama tujuh hari. Selama pengamatan pertumbuhan, tanaman bayam ditempatkan di area teras depan rumah yang berada di lingkungan perumahan. Lokasi ini tidak terkena paparan sinar matahari secara langsung sepanjang hari karena terhalang oleh bangunan dan pepohonan di sekitar lokasi. Selain itu, tanaman juga terlindung dari hujan secara langsung sehingga kondisi media tanam relatif stabil selama masa pengamatan. Seluruh perlakuan, yaitu aquades sebagai kontrol, C-dots 0,5 g/L, dan C-dots 1



g/L, ditempatkan pada lokasi yang sama untuk memperoleh kondisi lingkungan yang seragam. Penyiraman dilakukan dua kali sehari sebanyak 20 mL pada masing-masing perlakuan. Dengan demikian, perbedaan pertumbuhan yang diamati diharapkan lebih dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan dibandingkan oleh faktor lingkungan.



Gambar 3. Dokumentasi Kondisi Lingkungan

Hasil pengamatan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Pertumbuhan Tinggi Tanaman Bayam

| Hari | Aquades (Kontrol) | C-dots 0,5 g/L | C-dots 1 g/L |
|------|-------------------|----------------|--------------|
| 1    | -                 | -              | -            |
| 2    | -                 | -              | -            |
| 3    | 1,7 cm            | 1,9 cm         | 2,5 cm       |
| 4    | 2,2 cm            | 3 cm           | 3,7 cm       |
| 5    | 3 cm              | 3,5 cm         | 4,3 cm       |
| 6    | 3,3 cm            | 3,9 cm         | 4,5 cm       |
| 7    | 3,6 cm            | 4,4 cm         | 4,7 cm       |

Pada tahap awal pengamatan, yaitu hari pertama, belum terlihat adanya pertumbuhan tinggi tanaman pada seluruh perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa benih bayam masih berada pada fase awal perkecambahan. Pada fase ini, proses fisiologis yang dominan adalah imbibisi, yaitu penyerapan air oleh biji yang memicu aktivasi enzim serta metabolisme internal (Waruwu & Lase, 2025). Energi yang dihasilkan pada tahap ini masih difokuskan untuk perkembangan embrio, sehingga belum terjadi pertumbuhan yang dapat diamati secara morfologis di atas permukaan tanah.

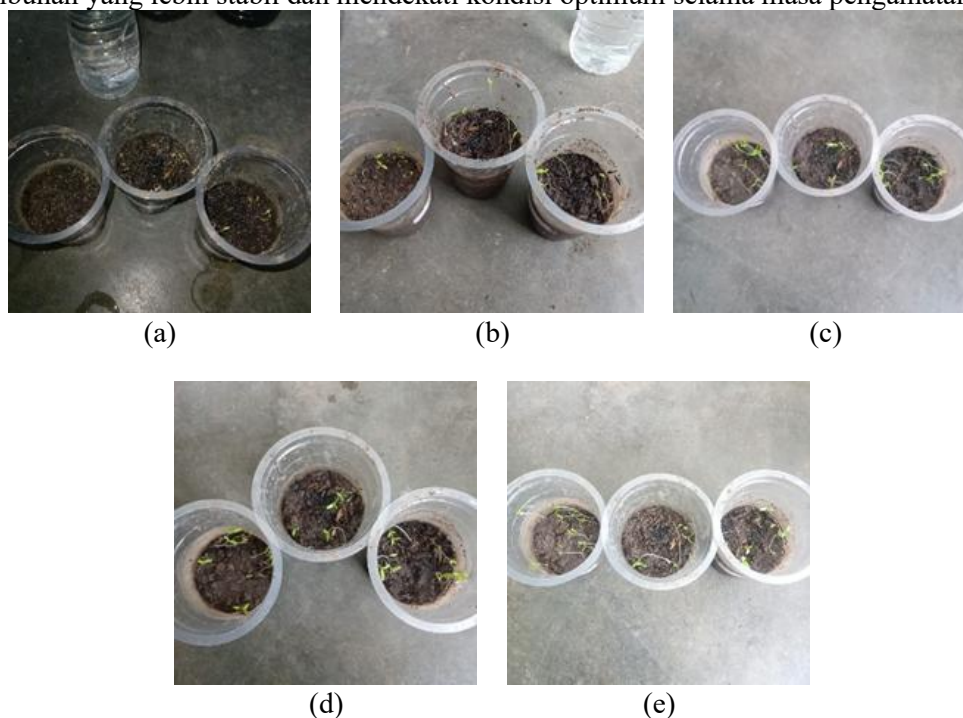
Memasuki hari kedua, meskipun belum dilakukan pengukuran tinggi tanaman, mulai terlihat adanya tanda-tanda awal pertumbuhan berupa munculnya ujung kecambah. Hal ini mengindikasikan bahwa proses perkecambahan telah berlangsung dengan baik, ditandai dengan mulai berkembangnya radikula dan plumula (Amanda et al., 2026). Pada tahap ini, tanaman mulai beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya serta mulai memanfaatkan air dan nutrisi yang tersedia. Namun demikian, pengaruh perlakuan *carbon dots* (C-dots) belum menunjukkan perbedaan yang signifikan karena tanaman masih berada pada fase transisi dari perkecambahan menuju pertumbuhan vegetatif awal.

Pada hari keempat hingga ketujuh, pertumbuhan tanaman bayam pada seluruh perlakuan terus mengalami peningkatan, namun perlakuan menggunakan C-dots menunjukkan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan aquades. Pada hari keempat, tinggi tanaman pada perlakuan aquades mencapai 2,2 cm, sedangkan perlakuan C-dots 0,5 gram dan 1 gram masing-masing sebesar 3,0 cm dan 3,7 cm. Pertumbuhan tersebut terus meningkat hingga hari ketujuh dengan tinggi akhir sebesar 3,6 cm pada aquades, 4,4 cm pada C-dots 0,5 gram, dan 4,7 cm pada C-dots 1 gram. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian C-dots mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam dibandingkan tanpa perlakuan C-dots.

Peningkatan pertumbuhan diduga terjadi karena *carbon dots* berperan dalam meningkatkan efisiensi fotosintesis melalui penyerapan dan pemanfaatan cahaya yang lebih optimal, sehingga proses pembentukan energi dan metabolisme tanaman berlangsung lebih efektif (Li et al., 2021). Selain itu, C-dots juga diketahui



dapat membantu penyerapan nutrisi dan meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman (Fitri et al., 2025). Perlakuan C-dots 1 gram menunjukkan respons pertumbuhan yang lebih cepat pada fase awal pengamatan, namun selisih pertumbuhan dengan konsentrasi 0,5 gram semakin kecil pada hari-hari berikutnya. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi C-dots tidak selalu memberikan peningkatan pertumbuhan yang signifikan karena terdapat batas optimum dalam pemanfaatan nanopartikel oleh tanaman (Wang et al., 2018). Pada konsentrasi yang terlalu tinggi, interaksi antar partikel nano dapat menurunkan efisiensi kerja C-dots dan berpotensi menimbulkan stres fisiologis pada tanaman (Sen & Bose, 2025). Oleh karena itu, konsentrasi 0,5 gram cenderung menunjukkan pola pertumbuhan yang lebih stabil dan mendekati kondisi optimum selama masa pengamatan.



Gambar 4. Pertumbuhan Tanaman Bayam (a) Hari Ke-3, (b) Hari Ke-4, (c) Hari Ke-5, (d) Hari Ke-6 dan (e) Hari Ke-7

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *carbon dots* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam dibandingkan tanpa C-dots. Perlakuan dengan konsentrasi 1 gram memberikan respons pertumbuhan yang lebih cepat pada fase awal, namun tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan pada fase akhir pengamatan. Sebaliknya, konsentrasi 0,5 gram menunjukkan pola pertumbuhan yang lebih stabil dan efisien. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas C-dots dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Amelia Febriana Fitri, Rahmat Firman Septiyanto, dan rekan-rekan yang menyatakan bahwa pemberian *carbon dots* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan tanpa C-dots (Fitri et al., 2025). Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa *carbon dots* berperan dalam meningkatkan efisiensi fotosintesis melalui peningkatan penyerapan dan pemanfaatan cahaya oleh tanaman. Hasil serupa juga dilaporkan bahwa *carbon dots* mampu meningkatkan penyerapan nutrisi serta mendukung aktivitas metabolisme tanaman melalui regulasi fotosintesis yang lebih optimal (Hu et al., 2026). Namun demikian, efektivitas *carbon dots* sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan, sehingga diperlukan penentuan konsentrasi optimum untuk memperoleh hasil pertumbuhan yang maksimal. Pada konsentrasi yang terlalu tinggi, partikel nano dapat mengalami interaksi berlebih yang berpotensi menurunkan efisiensi dan memicu stres fisiologis pada tanaman (Sen & Bose, 2025). Hasil penelitian ini memperkuat temuan tersebut, di mana konsentrasi 0,5 gram menunjukkan performa pertumbuhan yang lebih stabil dibandingkan konsentrasi yang lebih tinggi.



#### 4. SIMPULAN DAN SARAN/CONCLUSION

##### 4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sintesis *carbon dots* (C-dots) dari kulit pepaya menggunakan metode pemanasan oven berhasil dilakukan dan ditandai dengan adanya sifat fluoresensi. Pengaplikasian C-dots terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam dibandingkan tanpa C-dots, di mana konsentrasi 1 gram memberikan pertumbuhan lebih cepat pada fase awal, sedangkan 0,5 gram menunjukkan pertumbuhan yang lebih stabil pada fase akhir. Hasil ini menunjukkan adanya konsentrasi optimum dalam penggunaan C-dots serta berpotensi dikembangkan sebagai nanoteknologi ramah lingkungan berbasis limbah organik untuk bidang pertanian.

##### 4.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi konsentrasi C-dots yang lebih luas dan waktu pengamatan yang lebih panjang agar pengaruh C-dots terhadap pertumbuhan tanaman dapat diamati secara lebih komprehensif. Selain itu, karakterisasi menggunakan UV-Vis dan FTIR serta pengujian pada jenis tanaman yang berbeda perlu dilakukan untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai sifat dan efektivitas carbon dots.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH/ ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, Laboratorium Fisika FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini berlangsung.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA/ REFERENCES

- Amanda, P., Tambunan, D. P. K., Harahap, F., Silitonga, M., & Edi, S. (2026). Pengaruh Jenis Tanah pada Percepatan Perkecambahan Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). *JURNAL BIOSHELL*, 15(1), 126–132.  
<https://doi.org/10.56013/bio.v15i1.4831>
- Elvata, O. (2017). *PANDUAN PRAKTIS BUDIDAYA BAYAM*. Shira Media.  
<https://bintangpusnas.perpusnas.go.id/konten/BK76901/panduan-praktis-budidaya-bayam>
- Fitri, A. F., Septiyanto, R. F., Mukhtar, Y. R. D., Affifah, I., Mustaqim, I., & Ayu, W. P. K. (2025). *APLIKASI CARBON DOTS MENGGUNAKAN LIMBAH KULIT SALAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE*



- MICROWAVE UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN CAISIM* | *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*.  
<https://e-journal.uniflor.ac.id/index.php/optika/article/view/5614>
- Ghifari, A. D. A., Putra, W. P., & Isnaeni, I. (2017). ANALISIS FOTOLUMINESSENSI KARBON DOT DARI DAUN TEH DAN DAUN PEPAYA DENGAN TEKNIK MICROWAVE. *Joint Prosiding IPS Dan Seminar Nasional Fisika*, 6, SNF2017-19. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.MPS.04>
- Handayani, Y., Islamiyati, R., Ismah, K., & Susiloningrum, D. (2023). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus* L) Dengan Peredaman DPPH. *Cendekia Journal of Pharmacy*, 7(2), 103–110. <https://doi.org/10.31596/cjp.v7i2.244>
- Hawibowo, M. S., & Muhimmmah, I. (2024). Aplikasi Pendeteksi Tingkat Kematangan Pepaya menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Android. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 10(1), 162. <https://doi.org/10.26418/jp.v10i1.77819>
- Hestina, H., Gultom, E., & Waruru, I. (2024). PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI CARBON DOTS DARI TANAMAN KUNYIT PUTIH DENGAN METODE HIDROTERMAL. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 8(2), 208–214. <https://doi.org/10.30743/cheds.v8i2.10073>
- Hu, J., Xiong, J., Zhao, Z., & Wang, X. (2026). Carbon dots promote plant growth via coordinated regulation of nutrient uptake and photosynthesis: Evidence from multivariate modeling. *Bioresource Technology*, 440, 133515. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.133515>
- Jannah, S., Retno, G. A., & Herlina, H. (2025). ANALISIS KADAR ALKALOID EKSTRAK KULIT BUAH PEPAYA CALIFORNIA (*Carica papaya* L.) DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS. *JFM (Jurnal Farmasi Malahayati)*, 8(2), 261–271. <https://doi.org/10.33024/jfm.v8i2.21116>
- Jelinek, R. (2017). *Carbon Quantum Dots*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43911-2>
- Laia, I. A., Gulo, E. A. K. D., Gulo, L. L., & Ndraha, A. B. (2025). Dampak Penerapan Pertanian Organik Terhadap Kualitas Tanah dan Hasil Pertanian Tanaman Padi Sawah di Kepulauan Nias. *Flora : Jurnal Kajian Ilmu Pertanian Dan Perkebunan*, 2(1), 177–187. <https://doi.org/10.62951/flora.v2i1.263>
- Li, Y., Pan, X., Xu, X., Wu, Y., Zhuang, J., Zhang, X., Zhang, H., Lei, B., Hu, C., & Liu, Y. (2021). Carbon dots as light converter for plant photosynthesis: Augmenting light coverage and quantum yield effect. *Journal of Hazardous Materials*, 410, 124534. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124534>



- Maunino, M. R., Ngara, Z. S., Pingak, R. K., & Johannes, A. Z. (2024). KARAKTERISASI SIFAT OPTIK DAN SINTESIS MATERIAL KARBON NANODOTS DARI KULIT JERUK DENGAN LOGAM TEMBAGA. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 9(1), 7–12. <https://doi.org/10.35508/fisa.v9i1.15448>
- Permadi, A. (2026). Karbon Dots sebagai Sistem Penghantaran Obat Cerdas Berbasis Nanoteknologi. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering (JOICHE)*, 5(2), 1–10. <https://doi.org/10.31284/j.joiche.2025.v5i2.7742>
- Rahmi, C. N., Sugiarti, S., & Yuliani, A. D. (2023). Karbon dots (C-dots) dari Bahan Hayati untuk Deteksi Logam Berat. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 234–246. <https://doi.org/10.20961/alchemy.19.2.61881.234-246>
- Sari, E. K., Sekartaji, D., Rahmah, A. N. A., & Dwandaru, W. S. B. (2020). Nanomaterial Carbon-Dots Berbahan Dasar Daun Sirih (Piper Betle L.) Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri S. Mutans dan E. Coli. *POSITRON*, 10(2), 105–112. <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.41731>
- Sen, S., & Bose, A. (2025). Carbon dots: A review of innovations, applications, challenges, and future prospects. *Inorganic Chemistry Communications*, 173, 113852. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2024.113852>
- Turdini, S., Mulyadi, D., & Yuningsih, L. M. (2025). Hydrothermal Synthesis of Carbon Dots Derived from Biomass: A Simple and Sustainable Approach. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(3), 4206–4212. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i3.9842>
- Wang, H., Zhang, M., Song, Y., Li, H., Huang, H., Shao, M., Liu, Y., & Kang, Z. (2018). Carbon dots promote the growth and photosynthesis of mung bean sprouts. *Carbon*, 136, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.04.051>
- Waruwu, I. P., & Lase, N. K. (2025). Pengaruh Lama Perendaman Air Terhadap Perkecambahan Jagung. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 2(2), 110–115. <https://doi.org/10.70134/penarik.v2i2.633>
- Widayati, S. F., Anam, C., & Kusumawati, D. E. (2025). Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bayam Merah Organik (Amaranthus Dubius) Melalui Pemberian Macam Pupuk Organik Cair (POC). *AGRORADIX : Jurnal Ilmu Pertanian*, 8(2), 58–66. <https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v8i2.9066>
- Zulfajri, M., & Damayanti, R. (2022). *Monograf Carbon Dots: Pembuatannya dari Limbah Biji*. Deepublish. <https://deepublishstore.com/produk/buku-carbon-dots/>



## **7. PROFIL SINGKAT/ AUTHOR PROFILE**

Bunga Kusuma Putri lahir di Tangerang, 16 Agustus 2004. Penulis sedang menempuh pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sejak tahun 2022 hingga saat ini. Aktivitas yang dilakukan penulis saat ini adalah sebagai mahasiswa aktif yang berfokus pada bidang penelitian fisika, khususnya fisika material.