

PERBANDINGAN PENGARUH CARBON DOTS DARI KULIT PARE DAN JAGUNG PADA PERTUMBUHAN BAYAM

Khafilah Hendra Yani^{1*}, Nelly Apriliani², Rahmat Firman Septiyanto³, Tresna Galih Sukma Suryana⁴, Jesica Amelda⁵, Tatminatul Hasanah⁶, Dede Ardila⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Indonesia

*Corresponding Author: khafilah1122@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh *carbon dots* (C-dots) dari kulit pare dan kulit jagung terhadap pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus sp.*) pada konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L. C-dots disintesis menggunakan metode pemanasan oven pada suhu 250°C selama 40 menit, kemudian diaplikasikan dengan penyiraman selama 7 hari. Parameter pertumbuhan yang diamati adalah tinggi tanaman. Hasil menunjukkan bahwa kedua jenis C-dots meningkatkan pertumbuhan bayam dibandingkan kontrol (aquades). Perlakuan C-dots kulit jagung 0,5 g/L menghasilkan pertumbuhan tertinggi (2,0 cm pada hari ke-7), diikuti oleh C-dots kulit pare 1 g/L (1,9 cm) dan kulit jagung 1 g/L (1,9 cm). Pengaruh C-dots bersifat tergantung dosis (*dose-dependent*), di mana konsentrasi optimal bergantung pada sumber biomassa. Kesimpulannya, C-dots dari kulit pare dan jagung berpotensi sebagai biostimulan ramah lingkungan, dengan kulit jagung 0,5 g/L sebagai perlakuan terbaik dalam penelitian ini.

Kata Kunci: *carbon dots, biomassa, bayam, biostimulan, pertanian berkelanjutan*

ABSTRACT

This study aimed to compare the effect of carbon dots (C-dots) from bitter melon peel and corn husk on the growth of spinach (*Amaranthus sp.*) at concentrations of 0.5 g/L and 1 g/L. C-dots were synthesized using an oven heating method at 250°C for 40 minutes, then applied by watering for 7 days. The growth parameter observed was plant height. The results showed that both types of C-dots increased spinach growth compared to the control (aquadest). The treatment of 0.5 g/L corn husk C-dots resulted in the highest growth (2.0 cm on the 7th day), followed by 1 g/L bitter melon peel C-dots (1.9 cm) and 1 g/L corn husk (1.9 cm). The effect of C-dots was dose-dependent, where the optimal concentration depended on the biomass source. In conclusion, C-dots from bitter melon peel and corn husk have the potential as environmentally friendly biostimulants, with 0.5 g/L corn husk being the best treatment in this study.

Keywords: *carbon dots, biomass, spinach, biostimulant, sustainable agriculture*

PENDAHULUAN

Peningkatan produktivitas pertanian secara berkelanjutan menjadi salah satu tantangan penting seiring meningkatnya kebutuhan pangan. Hingga saat ini upaya peningkatan produktivitas tersebut masih banyak bergantung pada penggunaan pupuk kimia,

Data Kementerian Pertanian (2023) mencatat sekitar 70% s.d. 75% usaha tani perorangan menggunakan pupuk kimia. Jenis pupuk yang paling umum digunakan meliputi urea, NPK, dan SP-36. Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti penurunan kualitas tanah, pencemaran air, dan rendahnya efisiensi serapan nutrisi oleh tanaman (Widowati et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan inovasi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Salah satu pendekatan inovatif yang mulai dikembangkan adalah pemanfaatan nanomaterial sebagai nano-fertilizer atau biostimulator pertumbuhan tanaman.

Nanomaterial yang menunjukkan potensi besar dalam pertanian adalah *Carbon dots* (C-dots), yaitu nanopartikel berbasis karbon berukuran kurang dari 10 nm yang mudah disintesis dari bahan organik maupun anorganik, dengan struktur utama karbon (C) dan hidrogen (H) (Oladzadabbasabadi et al., 2023). C-dots unggul karena fluoresensi tinggi, biokompatibilitas baik, toksisitas rendah, stabilitas kimia, serta emisi fluoresensi yang dapat diatur (Dwandaru, 2024; Manoj & Chauhan, 2024; Sari et al., 2025). C-dots terbukti meningkatkan efisiensi fotosintesis tanaman, mampu menembus sel tanaman hingga mencapai nukleus, memengaruhi struktur DNA, sehingga mendorong peningkatan ekspresi gen yang berperan dalam pertumbuhan dan ketahanan terhadap penyakit (Guirguis et al., 2023; H. Li et al., 2018; Manoj & Chauhan, 2024). Dengan demikian, C-dots berperan ganda sebagai penambah pertumbuhan tanaman sekaligus penguat sistem pertahanan alami tanaman. Mekanisme tersebut terbukti secara eksperimental melalui berbagai penelitian berbasis biomassa.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa C-dots dari biomassa efektif sebagai stimulator pertumbuhan tanaman. C-dots dari kulit kentang dilaporkan memberikan hasil optimum pada konsentrasi 50 mg/L dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai tanpa menimbulkan efek toksik (Kurnia et al., 2025). Selain itu, C-dots berbahan dasar kulit salak juga menunjukkan potensi serupa dalam mendukung pertumbuhan tanaman caisim (Fitri et al., 2025). Potensi tersebut sangat menarik terutama jika C-dots disintesis melalui pendekatan *green synthesis* berbasis biomassa, yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga mendukung pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan.

Selain kulit kentang dan salak, biomassa lain seperti kulit jagung dan kulit pare juga berpotensi sebagai sumber karbon untuk sintesis C-dots, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas. Kulit jagung telah berhasil disintesis menjadi C-dots dan dikarakterisasi sebagai zat aditif *edible film* (Millah & Dwandaru, 2024). Namun, pemanfaatannya masih terbatas pada tahap material. Penelitian pada kulit pare juga telah membuktikan bahwa C-dots dari biomassa ini mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai pada konsentrasi 50 mg/L. (Raihan et al., 2025). Meskipun C-dots dari kulit pare telah diuji pada tanaman cabai, aplikasi pada tanaman daun seperti bayam dengan variasi konsentrasi yang lebih tinggi (0,5 s.d. 1 g/L) belum dilaporkan.

Tanaman bayam (*Amaranthus sp.*) dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki periode panen yang singkat dan dapat dipanen pada umur 20 hari setelah tanam (Rogayah & Mala, 2018). Bayam juga mudah diperbanyak dengan biji, yang tidak memiliki masa dormansi, berukuran kecil, ringan, dan berjumlah banyak sehingga mudah tersebar (Zuryanti et al., 2016). Tanaman ini termasuk golongan *C4* yang mampu beradaptasi di berbagai ekosistem (Rizwanda et al., 2024). Selain itu, bayam merupakan sayuran daun yang digemari

masyarakat karena memiliki rasa yang enak dan empuk, serta dapat memperlancar pencernaan (Afrilisia et al., 2024). Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh C-dots dari kulit pare dan kulit jagung terhadap pertumbuhan tanaman bayam melalui variasi konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L yang diukur berdasarkan tinggi tanaman.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi *carbon dots* (C-dots) berbahan dasar kulit pare dan kulit jagung terhadap pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus* sp.). Penelitian menggunakan lima perlakuan, yaitu C-dots kulit pare konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L, C-dots kulit jagung konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L, serta aquades sebagai kontrol. Data yang dikumpulkan terdiri atas data kualitatif berupa pengamatan fluoresensi C-dots menggunakan senter UV dan data kuantitatif berupa tinggi tanaman yang diukur setiap hari selama tujuh hari. Pengumpulan data dilakukan menggunakan senter UV, penggaris, dan lembar observasi, kemudian data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan pertumbuhan tanaman pada setiap perlakuan. Tahapan penelitian meliputi persiapan bahan dan alat, sintesis *carbon dots*, serta pengaplikasian *carbon dots* pada tanaman bayam.

1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kulit pare dan kulit jagung sebagai sumber karbon, aquades sebagai pelarut, benih tanaman bayam (*Amaranthus* sp.) sebagai objek uji dan tanah sebagai media tanam. Alat yang digunakan antara lain oven, timbangan digital, pisau, saringan, mortar dan alu, spatula, gelas ukur, gelas *beaker*, wadah tanam, serta senter UV untuk pengujian fluoresensi.

2. Sintesis *Carbon Dots*

Kulit pare dan kulit jagung terlebih dahulu ditimbang 100 gram lalu dipotong kecil, dicuci, dan dikeringkan. Kemudian kedua kulit tersebut disintesis menggunakan pendekatan *bottom-up* dengan metode pemanasan oven pada suhu 250°C selama 40 menit hingga diperoleh arang. Arang yang dihasilkan kemudian digerus hingga halus dan diayak untuk mendapatkan serbuk yang seragam. Serbuk tersebut selanjutnya dilarutkan ke dalam 100 mL aquades dengan variasi massa 0,5 g dan 1 g untuk mendapatkan dua variasi konsentrasi. Larutan yang diperoleh kemudian disaring untuk menghasilkan *carbon dots*, yang selanjutnya diuji secara sederhana menggunakan sinar UV untuk mengamati sifat fluoresensinya.

3. Pengaplikasian *Carbon Dots* pada Tanaman

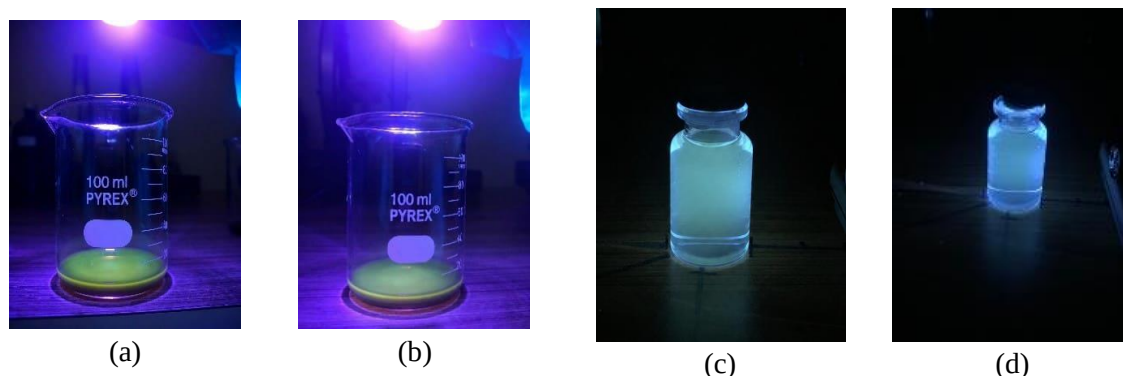
Sebelum diaplikasikan, masing-masing larutan C-dots ditambahkan dengan 900 mL aquades hingga diperoleh volume akhir 1 L sebagai larutan kerja untuk penyiraman tanaman. Larutan C-dots digunakan sebagai perlakuan pada tanaman bayam ada empat sampel yaitu variasi sumber bahan (kulit pare dan kulit jagung) dengan konsentrasi (0,5 g/L dan 1 g/L), dan 1 L aquades sebagai kontrol. Penyiraman dilakukan secara rutin dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari, masing-masing sebanyak 20 mL per tanaman selama tujuh hari. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman yang diukur setiap hari. Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel, kemudian dianalisis secara

deskriptif dengan membandingkan pertumbuhan tanaman pada masing-masing perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Floresensi sederhana menggunakan senter UV

Salah satu karakteristik utama *carbon dots* adalah kemampuannya untuk berfluoresensi, yaitu berpendar di bawah penyinaran UV dan dapat diamati secara sederhana menggunakan senter UV (Salsabilla et al., 2024). Senter UV bekerja dengan memancarkan cahaya ultraviolet, umumnya pada panjang gelombang sekitar 365 nm. Pada hasil *green synthesis* dari kulit pare, fluoresensi yang dihasilkan tampak pendaran berwarna hijau tua (Raihan et al., 2025), sedangkan pada kulit jagung menghasilkan pendaran berwarna biru kehijauan atau *cyan* (Millah & Dwandaru, 2024), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Ketika disinari menggunakan senter UV, emisi fluoresensi dari C-dots umumnya berada pada rentang warna biru hingga hijau (Lv et al., 2021). Hasil uji fluoresensi dalam penelitian ini mengonfirmasi bahwa kedua jenis bahan yang digunakan memiliki sifat optik khas *carbon dots*.



Gambar 2. (a) Uji fluoresensi C-dots kulit pare 0,5 g (b) uji fluoresensi C-dots kulit pare 1 g (c) uji fluoresensi C-dots kulit jagung 0,5 g (d) uji fluoresensi C-dots kulit jagung 1 g

2. Pengaplikasian Pertumbuhan Tanaman Bayam dengan Larutan C-dots

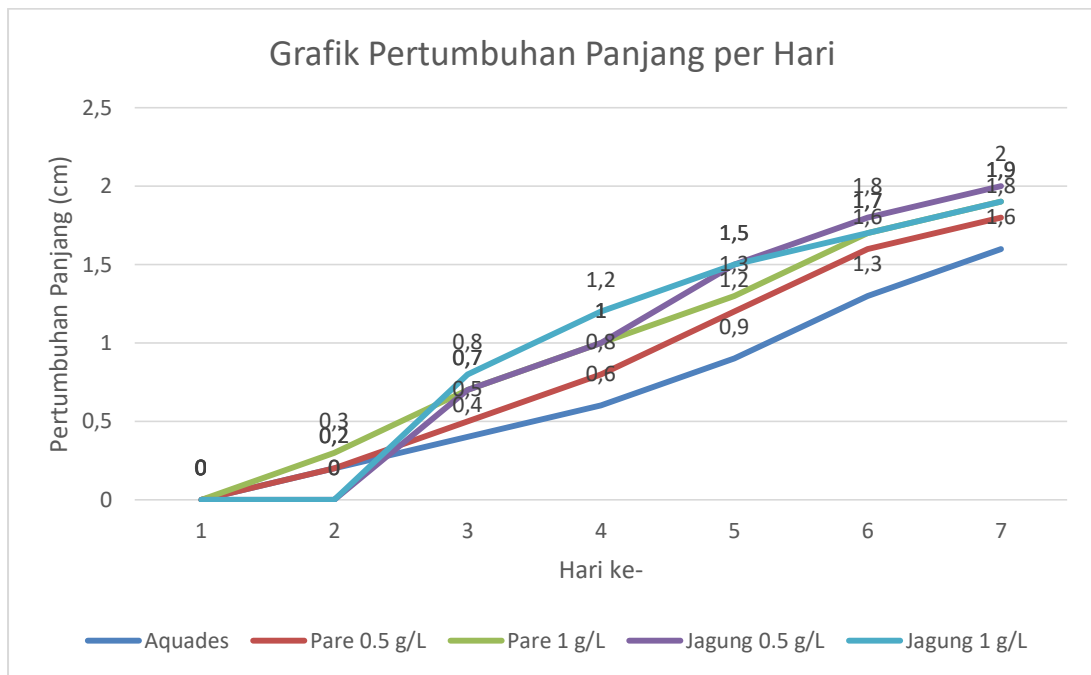
Pengaplikasian pertumbuhan tanaman bayam dilakukan selama tujuh hari berturut-turut dengan variasi sumber bahan (kulit pare dan kulit jagung) dengan konsentrasi (0,5 g/L dan 1 g/L), dan 1 L aquades sebagai kontrol. Larutan tersebut disiramkan kepada tumbuhan bayam selama tujuh hari setiap pagi dan sore sebanyak 20 mL. Setiap hari, tinggi tanaman diukur pada pukul 08.00 WIB pagi agar konsistensi waktu pengukuran terjaga. Pemilihan tinggi tanaman sebagai parameter didasarkan pada pertimbangan bahwa indikator ini dapat digunakan sebagai penunjuk cepat dalam mengevaluasi respons tanaman terhadap perlakuan yang diberikan (Bitella et al., 2024).

Hasil pengukuran tinggi tanaman bayam selama tujuh hari dengan pemberian C-dots kulit pare dan C-dots kulit jagung disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tinggi tanaman bayam (cm) dengan larutan C-dots Kulit Pare dan Kulit jagung

Hari	Aquades	Kulit Pare		Kulit Jagung	
		0,5 g/L	1 g/L	0,5 g/L	1 g/L
1	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm

2	0,2 cm	0,2 cm	0,3 cm	0 cm	0 cm
3	0,4 cm	0,5 cm	0,7 cm	0,7 cm	0,8 cm
4	0,6 cm	0,8 cm	1 cm	1 cm	1,2 cm
5	0,9 cm	1,2 cm	1,3 cm	1,5 cm	1,5 cm
6	1,3 cm	1,6 cm	1,7 cm	1,8 cm	1,7 cm
7	1,6 cm	1,8 cm	1,9 cm	2 cm	1,9 cm



Gambar 3. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman bayam selama 7 hari

Berdasarkan **Tabel 1. dan Gambar 3.** bahwa kelima kurva menunjukkan peningkatan tinggi tanaman seiring bertambahnya waktu, tetapi dengan tingkat kemiringan yang berbeda-beda. Pada tanaman yang diberi C-dots kulit pare, pertumbuhan berlangsung konsisten sejak hari ke-2. Konsentrasi 1 g/L selalu menunjukkan tinggi yang sama atau lebih tinggi dibandingkan 0,5 g/L, dan kedua konsentrasi melampaui kontrol mulai hari ke-3. Hal ini terlihat jelas pada **Gambar 3**, di mana posisi garis pare (baik 0,5 g/L maupun 1 g/L) berada di atas garis aquades mulai hari ke-3 hingga hari ke-7. Pola ini mengindikasikan bahwa C-dots kulit pare mampu mendorong pertumbuhan tanaman secara stabil. Hasil ini sejalan dengan temuan bahwa C-dots dari bahan organik dapat berperan sebagai stimulan pertumbuhan (Fitri et al., 2025).

Pada perlakuan C-dots kulit jagung, terjadi keterlambatan pertumbuhan di hari ke-1 dan ke-2, sehingga tidak dapat dikaitkan secara langsung dengan pemberian C-dots. Keterlambatan pertumbuhan ini kemungkinan disebabkan oleh faktor fisiologis biji (vigor benih) atau kondisi lingkungan awal seperti suhu dan kelembapan (Han et al., 2022), karena respons terhadap perlakuan umumnya baru muncul setelah fase imbibisi dan inisiasi perkecambahan berlalu. Setelah hari ke-3, pertumbuhan meningkat pesat. Pada **Gambar 3**, lonjakan ini terlihat sangat jelas dari perubahan kemiringan garis

jagung (0,5 g/L dan 1 g/L) yang menjadi lebih curam dibandingkan hari-hari sebelumnya. Menariknya, konsentrasi 0,5 g/L memberikan hasil akhir lebih tinggi (2,0 cm) dibandingkan konsentrasi 1 g/L (1,9 cm), menunjukkan hubungan antara konsentrasi C-dots dan pertumbuhan tidak bersifat linier. Hasil ini sejalan dengan temuan bahwa konsentrasi terlalu tinggi justru dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Y. Li et al., 2020).

Berdasarkan hasil pengamatan selama tujuh hari, terlihat bahwa urutan pertumbuhan tanaman bayam dari yang tertinggi adalah C-dots kulit jagung 0,5 g/L (2,0 cm), C-dots kulit pare 1 g/L (1,9 cm), C-dots kulit jagung 1 g/L (1,9 cm), dan kontrol (1,6–1,7 cm). Secara visual pada **Gambar 3**, meskipun jagung 0,5 g/L mencapai tinggi akhir tertinggi, kurva pertumbuhan kulit pare terlihat lebih stabil dan konsisten dari awal dibandingkan kurva kulit jagung yang sempat mengalami fase lag (keterlambatan) di dua hari pertama. C-dots kulit pare memberikan pertumbuhan yang lebih merata, dibandingkan dengan C-dots kulit jagung. Efektivitas C-dots tidak selalu meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Pada C-dots yang disintesis dari kulit pare, konsentrasi 1 g menunjukkan hasil yang lebih optimal, sedangkan pada C-dots dari kulit jagung, konsentrasi 0,5 g memberikan hasil yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi carbon dots dengan sistem tanaman bersifat *dose-dependent*, di mana pada kondisi tertentu peningkatan konsentrasi justru dapat menimbulkan efek negatif terhadap proses fisiologis tanaman (Y. Li et al., 2020). Berdasarkan data tinggi tanaman dan uji fluoresensi, dapat disimpulkan sementara bahwa kedua jenis C-dots mampu meningkatkan pertumbuhan bayam dibandingkan kontrol. Perlakuan terbaik adalah C-dots kulit jagung 0,5 g/L dengan tinggi 2,0 cm pada hari ke-7.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, C-dots yang disintesis dari kulit pare dan kulit jagung melalui metode oven, berhasil menunjukkan sifat optik khas berupa *fluoresensi* di bawah penyinaran lampu UV (365 nm). Kulit pare menghasilkan pendaran hijau tua, sedangkan kulit jagung menghasilkan pendaran biru kehijauan (*cyan*), membuktikan bahwa kedua bahan tersebut berpotensi sebagai sumber C-dots.

Dalam aplikasinya terhadap pertumbuhan tanaman bayam selama tujuh hari, kedua jenis C-dots mampu meningkatkan pertumbuhan dibandingkan kontrol (aquades). C-dots kulit pare memberikan pertumbuhan yang konsisten sejak hari kedua, dengan konsentrasi 1 g/L menghasilkan pertumbuhan tertinggi. Sebaliknya, C-dots kulit jagung menunjukkan keterlambatan di awal namun meningkat pesat setelah hari ketiga, dengan konsentrasi 0,5 g/L justru menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dibandingkan konsentrasi 1 g/L. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas C-dots bersifat tergantung konsentrasi (*dose-dependent*), di mana konsentrasi yang terlalu tinggi tidak selalu memberikan hasil terbaik. Secara keseluruhan, C-dots dari biomassa seperti kulit pare dan kulit jagung memiliki potensi sebagai agen stimulator pertumbuhan tanaman. Perlakuan terbaik dalam penelitian ini adalah pemberian C-dots kulit jagung dengan konsentrasi 0,5 g/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah menyediakan fasilitas dan peralatan yang diperlukan. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada dosen pembimbing serta rekan-rekan mahasiswa atas kontribusi mereka dalam proses sintesis dan pengamatan tanaman. Penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrilisia, L., Advinda, L., & Rizal, Y. (2024). Budidaya Tanaman Bayam Hijau (*Amaranthus Spp.*) Secara Hidroponik Menggunakan Sistem Nutrient Film Technique (NFT) di Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Nanggalo. *Prosiding SEMNASBIO 2024*, 42–50.
- Bitella, G., Bochicchio, R., Castronuovo, D., Lovelli, S., Mercurio, G., Rivelli, A. R., Rosati, L., D'Antonio, P., Casiero, P., Laghetti, G., Amato, M., & Rossi, R. (2024). Monitoring Plant Height and Spatial Distribution of Biometrics with a Low-Cost Proximal Platform. *Plants*, 13(8), 1–18. <https://doi.org/10.3390/plants13081085>
- Dwandaru, M. R. P. Y. W. S. B. (2024). Synthesis and Characterization of Carbon Nanodots From Jackfruit Seeds Waste (*Artocarpus Heterophyllus*) As a Photocatalyst for Congo Red Dye. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya*, 15(1), 37–48.
- Fitri, A. F., Septiyanto², R. F., Mukhtar³, Y. R. D., Affifah⁴, I., Mustaqim⁵, I., & Ayu⁶, W. P. K. (2025). Aplikasi Carbon Dots Menggunakan Limbah Kulit Salak dengan Menggunakan Metode Microwave untuk Pertumbuhan Tanaman Caisim. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 104–115. <https://e-journal.uniflor.ac.id/index.php/optika/article/download/5614/3089>
- Guirguis, A., Yang, W., Conlan, X. A., Kong, L., Cahill, D. M., & Wang, Y. (2023). Boosting Plant Photosynthesis with Carbon Dots : A Critical Review of Performance and Prospects. *Small Journal*, 2300671. <https://doi.org/10.1002/sml.202300671>
- Han, H., Li, X., Wang, T., & Shi, F. (2022). Study on Environmental Conditions of Seed Germination and Seedling Growth of Invasive Plant *Amaranthus palmeri* S. Watson. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(1), 681–690. <https://doi.org/10.15244/pjoes/139378>
- Kementerian Pertanian, R. I. (2023). *Statistik Pertanian*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Kurnia, F. Septiyanto, R., Denny, Y. R., & I. Affifah. (2025). Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS). *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 4(1), 17–23.
- Ladiyani Retno Widowati, Wiwik Hartatik, Diah Setyorini, & M.S. Ir. Yani Trisnawati. (2022). *Pupuk Organok*. 1–64. <https://epublikasi.pertanian.go.id/pertanianpress/catalog/book/46>
- Li, H., Huang, J., Lu, F., Liu, Y., Song, Y., Sun, Y., & Zhong, J. (2018). Impacts of carbon dots on rice plant: boost the growth and improve the disease resistance. *ACS Publications*. <https://doi.org/10.1021/acsabm.8b00345>
- Li, Y., Xu, X., Wu, Y., Zhuang, J., Zhang, X., Zhang, H., Lei, B., Hu, C., & Liu, Y. (2020). A review on the effects of carbon dots in plant systems. *Materials Chemistry Frontiers*, 4(2), 437–448. <https://doi.org/10.1039/c9qm00614a>
- Lv, A., Chen, Q., Zhao, C., Li, S., Sun, S., Dong, J., Li, Z., & Lin, H. (2021). Long-wavelength (red to near-infrared) emissive carbon dots: Key factors for synthesis, fluorescence mechanism, and applications in biosensing and cancer theranostics. *Chinese Chemical Letters*, 32(12), 3653–3664.

<https://doi.org/10.1016/j.cclet.2021.06.020>

- Manoj, & Chauhan, S. (2024). Role of Carbon Dots and Their Applications in Agriculture. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 5(5), 1047–1053. <https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.i5.2024.2682>
- Millah, S. F., & Dwandaru, W. S. B. (2024). Preparasi Dan Karakterisasi Carbon Nanodots Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung Sebagai Zat Aditif Pembuatan Edible Film. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya*, 11(1), 54–66. <https://doi.org/10.21831/jifta.v11i1.20913>
- Oladzadabbasabadi, N., Dheyab, M. A., Nafchi, A. M., Ghasemlou, M., Ivanova, E. P., & Adhikari, B. (2023). Turning food waste into value-added carbon dots for sustainable food packaging application: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 321(September). <https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.103020>
- Raihan, K., Firman, S. R., G., A., & I, A. (2025). Pengaplikasian Nanomaterial Carbon Dots Dari Ekstrak Kulit Pare Untuk Pertumbuhan Tanaman Cabai Pada Bidang Pertanian. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 10(1), 31–35. <https://doi.org/10.35508/fisa.v10i1.20665>
- Rizwanda, P. A., Saputri, N. I., Septhalia, A. N., Lusiana, F., & Ayu, D. (2024). Pengaruh Cekaman Cahaya Terhadap Pertumbuhan The Effect Of Light Stress On The Growth Of Green Spinach (*Amaranthus hybridus* L .). *Maximus: Journal of Biological and Life Sciences*, 2(1), 5–10.
- Rogayah, R., & Mala, O. (2018). Pendapatan Usahatani Bayam (*Amaranthus* Sp) Dan Kontribusi Terhadap Pendapatan Keluarga Petani Di Kelurahan Lingkar Selatan Kecamatan Jambi Selatan Kota Jambi. *Jurnal MeA (Media Agribisnis)*, 3(1), 30. <https://doi.org/10.33087/mea.v3i1.32>
- Salsabilla, S. U., Kusumawati, D. H., & Fitriana. (2024). Karakteristik Carbon Dots (C-dots) Dari Buah Jeruk Mandarin (*Citrus Reticulata*) yang Disintesis Menggunakan Metode Hidrotermal. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 13, 60–73.
- Sari, F. D., Jannah, N., & Nuryanti, S. D. (2025). Pengaruh Suhu Sintesis Hidrotermal Terhadap Sifat Optik Karbon Dots Terdoping Nitrogen (N-CDs). *Jurnal Crystal*, 7(1), 92–99. <https://doi.org/https://doi.org/10.36526/jc.v7i1.5078>
- Zuryanti, D., Rahayu, A., & Rochman, N. (2016). Pertumubuhan, Produksi dan Kualitas Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) Pada Berbagai Dosis Pupuk Kadang Ayam dan Kalium Niiirat (KNO₃) {Growth, Production, and Quality of Spinach (*Amaranthus tricolor* L.) Given Various Rates of Chicken Manure and Potassium Nit. *Pertumbuhan Produksi Dan Kualitas*, 2(2), 98–105.