



## PEMANFAATAN CARBON DOTS DARI LIMBAH KULIT MELON DAN KULIT MELINJO SEBAGAI AGEN PENINGKAT PERTUMBUHAN TANAMAN BAYAM

Ayu Fatmawati<sup>1</sup>, Eka Putri Sadra Nira<sup>1</sup>, Rahmat Firman Septiyanto<sup>1</sup>, Yudi Guntara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Email : 2280220006@untirta.ac.id, 2280220058@untirta.ac.id

Received: 8 April 2026; Approved: 4 Mei 2026; Published: 8 Mei 2026

### ABSTRACT

This study aims to synthesize carbon dots from melon peel (*Cucumis melo L.*) and melinjo peel (*Gnetum gnemon*) waste and evaluate their potential as plant growth-enhancing agents for spinach (*Amaranthus tricolor L.*). The experiment was conducted using a completely randomized design with several treatment concentrations and control treatment. C-dots were synthesized through a carbonization process using an oven at 250°C for 45 minutes. The resulting C-dots solutions were applied to spinach plants at concentrations of 0.5 g/L and 1 g/L, while distilled water was used as the control. Plant height was observed for 7 days. The results demonstrated that C-dots application positively affected spinach growth compared to the control treatment. The highest plant height was obtained from melon peel-derived C-dots at a concentration of 1 g/L, reaching 3.7 cm, while melinjo peel-derived C-dots reached 3.0 cm on the seventh day. In general, higher C-dots concentrations were associated with increased plant growth. This study is the first to explore the utilization of melon and melinjo peel waste-derived C-dots as nanomaterials for spinach growth enhancement. These findings indicate that organic waste from melon and melinjo peels has strong potential as an environmentally friendly precursor for C-dots synthesis and sustainable agricultural applications.

Keywords : carbon dots, melon peel, melinjo peel, spinach, nanotechnology, plant growth enhancement

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk sintesis titik karbon dari limbah kulit melon (*Cucumis melo L.*) dan kulit melinjo (*Gnetum gnemon*) serta mengevaluasi potensinya sebagai agen peningkatan pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*). Percobaan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap dengan beberapa konsentrasi perlakuan dan perlakuan kontrol. Carbon dots disintesis melalui proses karbonisasi menggunakan oven pada suhu 250°C selama 45 menit. Larutan carbon dots yang dihasilkan diaplikasikan pada tanaman bayam dengan konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L, sedangkan air suling digunakan sebagai kontrol. Tinggi tanaman diamati selama 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi carbon dots berpengaruh positif terhadap pertumbuhan bayam dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Tinggi tanaman tertinggi diperoleh dari carbon dots yang berasal dari kulit melon pada konsentrasi 1 g/L, mencapai 3,7 cm, sedangkan carbon dots yang berasal dari kulit melinjo mencapai 3,0 cm pada hari ketujuh. Secara umum, konsentrasi carbon dots yang lebih tinggi dikaitkan dengan peningkatan pertumbuhan tanaman. Studi ini adalah yang pertama mengeksplorasi pemanfaatan carbon dots yang berasal dari limbah kulit melon dan melinjo sebagai nano material untuk peningkatan pertumbuhan bayam. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah organik dari kulit melon dan melinjo memiliki potensi yang kuat sebagai prekursor ramah lingkungan untuk sintesis carbon dots dan aplikasi pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: carbon dots, kulit melon, kulit melinjo, bayam, nanoteknologi, peningkatan pertumbuhan tanaman

### LATAR BELAKANG

Pertanian memiliki peran strategis dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat,

meningkatkan kesejahteraan petani, serta menjaga ketahanan pangan nasional. Namun, sektor pertanian saat ini masih menghadapi berbagai



permasalahan, seperti penurunan kualitas lahan, keterbatasan unsur hara, serta rendahnya efisiensi penggunaan pupuk yang dapat memengaruhi produktivitas tanaman. Oleh karena itu, diperlukan inovasi yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman secara efektif serta berkelanjutan.

Salah satu inovasi yang mulai banyak dikembangkan dalam bidang pertanian adalah pemanfaatan nanoteknologi. Nanoteknologi membuka peluang dalam penggunaan material berukuran nanometer yang memiliki karakteristik fisika dan kimia khas sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan nanomaterial dalam pertanian diketahui dapat membantu meningkatkan penyerapan nutrisi, mempercepat pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan produktivitas hasil pertanian (Nair et al., 2010).

Salah satu nanomaterial yang banyak dikaji adalah carbon dots, yaitu nano partikel berbasis karbon dengan ukuran partikel kurang dari 10 nm. Carbon dots memiliki beberapa keunggulan, seperti kelarutan yang baik dalam air, stabilitas kimia yang tinggi, sifat fluoresensi, serta tingkat toksisitas yang relatif rendah sehingga aman diaplikasikan pada sistem biologis dan lingkungan (Baker & Baker, 2010). Berdasarkan karakteristik tersebut, carbon dots berpotensi dimanfaatkan dalam bidang pertanian sebagai material pendukung pertumbuhan tanaman.

Sintesis carbon dots dapat dilakukan menggunakan berbagai bahan alami atau biomassa sebagai sumber karbon. Penggunaan biomassa sebagai bahan baku carbon dots menjadi alternatif yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan karena dapat memanfaatkan limbah organik yang belum digunakan secara optimal (Lim et al., 2015). Berbagai jenis limbah biomassa telah digunakan dalam sintesis Carbon dots, namun pemanfaatan limbah kulit melon dan kulit melinjo sebagai sumber karbon masih belum banyak dilaporkan, khususnya untuk aplikasi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam. Kondisi ini menunjukkan adanya research gap yang perlu dikaji lebih lanjut.

Proses sintesis carbon dots pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode pemanasan menggunakan oven. karena metode tersebut relatif sederhana, mudah diterapkan, dan tidak memerlukan peralatan khusus maupun tekanan tinggi. Pada proses pemanasan, biomassa akan mengalami karbonisasi sehingga menghasilkan carbon dots dengan karakteristik tertentu yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu pemanasan (Liu et al., 2017). Selain digunakan untuk proses sintesis, metode oven juga umum digunakan dalam proses pengeringan bahan biomassa karena mampu menghasilkan panas yang stabil dan mempercepat proses pengeringan bahan (Gunadi, 2008).

Dalam penelitian sintesis Carbon dots saat ini, limbah organik kulit buah melon (*Cucumis melo L.*) dan limbah kulit melinjo (*Gnetum gnemon*), dipilih sebagai bahan baku dalam penelitian ini karena keduanya memiliki kandungan karbon dan senyawa organik yang berpotensi digunakan sebagai sumber karbon pada sintesis carbon dots. Buah melon diketahui mengandung vitamin, karbohidrat, protein, dan serat yang cukup tinggi (Maruapey et al., 2022). Selain itu, produksi melon di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun sehingga berpotensi menghasilkan limbah kulit melon dalam jumlah besar. Berdasarkan data Statistik Pertanian (2021), produksi melon di Indonesia meningkat dari 92.432 ton pada tahun 2017 menjadi 138.177 ton pada tahun 2020. Sementara itu, kulit melinjo mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, dan sukrosa yang berpotensi sebagai sumber karbon dalam sintesis material berbasis karbon (Siregar et al., 2020; Rahmawati et al., 2021).

Tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*) dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki masa pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan, dan cukup responsif terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, bayam merupakan salah satu sayuran hijau yang banyak dikonsumsi masyarakat karena kaya akan nutrisi, serat, dan klorofil yang bermanfaat bagi kesehatan (Bandini & Azis, 2002). Karakteristik tersebut menjadikan bayam sesuai digunakan untuk mengamati pengaruh pemberian Carbon dots terhadap pertumbuhan tanaman.



Berdasarkan penelitian ini, Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis carbon dots dari limbah kulit melon (*Cucumis melo L.*) dan kulit melinjo (*Gnetum gnemon*) serta mengkaji potensinya sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*).

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mensintesis carbon dots dari limbah kulit melon (*Cucumis melo L.*) dan kulit melinjo (*Gnetum gnemon*), serta mengkaji potensinya sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*). Metode sintesis yang digunakan adalah metode karbonisasi menggunakan oven. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan digital, gelas beker, gelas ukur, spatula, mortar dan alu, filter kopi, oven, serta senter UV. Bahan yang digunakan yaitu limbah kulit melon, limbah kulit melinjo, aquades, media tanah, dan benih bayam.

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu preparasi sampel, sintesis carbon dots, dan aplikasi pada tanaman bayam. Pada tahap preparasi, kulit melon dan kulit melinjo dicuci hingga bersih, kemudian dikeringkan menggunakan oven. Sampel yang telah kering dihancurkan menggunakan mortar dan alu hingga menjadi serbuk halus, lalu disaring untuk memperoleh ukuran partikel yang homogen. Pada tahap sintesis, serbuk kulit melon dan kulit melinjo masing-masing dicampurkan dengan aquades dan diaduk hingga homogen. Campuran kemudian dipanaskan menggunakan oven pada suhu 250 °C selama 45 menit hingga terjadi proses karbonisasi dan terbentuk larutan carbon dots. Larutan hasil sintesis selanjutnya didinginkan dan disaring menggunakan filter kopi untuk memperoleh larutan carbon dots yang lebih homogen

Tahap aplikasi dilakukan dengan memberikan larutan carbon dots pada tanaman bayam sesuai perlakuan yang telah ditentukan. Pemberian larutan dilakukan dengan cara disiram secara berkala selama masa pertumbuhan tanaman dengan volume yang sama pada setiap perlakuan.

Seluruh tanaman dipelihara pada kondisi lingkungan yang sama, meliputi media tanam, intensitas cahaya, dan frekuensi p]wnyiraman.



**Gambar 1.** Diagram alur sintesis Carbon Dots dari kulit melon dan melinjo

Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati parameter pertumbuhan tanaman bayam, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, dan kondisi morfologi tanaman selama 7 hari pengamatan. Selain itu, karakterisasi sederhana carbon dots dilakukan menggunakan senter UV untuk mengamati sifat fluoresensi larutan,.

Pengamatan dilakukan setiap hari selama 7 hari masa pertumbuhan tanaman setelah pemberian perlakuan. Parameter yang diamati meliputi, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan kondisi morfologi Tinggi tanaman diukur menggunakan penggaris dengan satuan sentimeter (cm), dimulai dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi. Jumlah daun dihitung berdasarkan jumlah daun yang telah terbuka sempurna pada setiap tanaman. Pengamatan morfologi tanaman dilakukan secara visual dengan memperhatikan kondisi fisik tanaman, seperti warna daun, bentuk daun, dan kondisi batang tanaman. Seluruh data hasil pengamatan dicatat pada setiap interval pengamatan untuk dianalisis lebih lanjut.



Dalam tahapan aplikasi dilakukan dengan memberikan larutan carbon dots pada tanaman bayam sesuai perlakuan yang telah ditentukan, yaitu konsentrasi 0,5 g/L dan 1 g/L. Larutan diberikan dengan cara disiram langsung ke media tanam sebanyak 20 mL untuk setiap tanaman. Pemberian larutan dilakukan satu kali setiap hari selama 7 hari masa pertumbuhan tanaman. Kelompok kontrol diberikan aquades dengan volume yang sama. Seluruh tanaman dipelihara pada kondisi lingkungan yang sama, meliputi media tanam, intensitas cahaya, dan frekuensi penyiraman.

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif dengan membandingkan pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*) pada setiap perlakuan terhadap kelompok kontrol. Data tinggi tanaman dan jumlah daun disajikan dalam bentuk tabel dan grafik berdasarkan hasil rata-rata pengamatan selama 7 hari. Selain itu, karakterisasi sederhana carbon dots dilakukan menggunakan senter UV untuk mengamati sifat fluoresensi larutan hasil sintesis

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan pemberian carbon dots dari limbah kulit melon (*Cucumis melo L.*) dan kulit melinjo (*Gnetum gnemon*) menunjukkan kecenderungan peningkatan pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*) dibandingkan kelompok kontrol. Perlakuan dengan konsentrasi 1 g/L menunjukkan tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan konsentrasi 0,5 g/L dan kontrol. Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah perbandingan antarperlakuan. Namun, penelitian ini masih menggunakan analisis deskriptif sehingga hasil yang diperoleh menunjukkan kecenderungan pertumbuhan tanaman dan belum diuji menggunakan analisis statistik inferensial, diperoleh data pertumbuhan harian yang disajikan pada **Tabel 1**

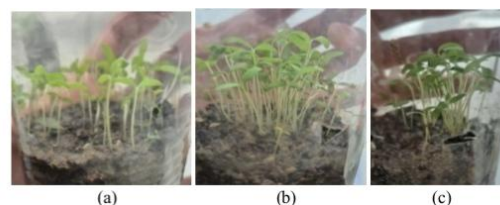
**Tabel 1.** Data Pertumbuhan Harian

Hari	Larutan Aquades	Larutan Carbon dots (0,5 g/L)	Larutan Carbon dots (1 g/L)
1	-	-	-
2	-	0,3 cm	0,6 cm
3	0,2 cm	0,6 cm	1 cm
4	0,6 cm	1 cm	1,5 cm
5	0,8 cm	1,5 cm	2 cm
6	1 cm	2 cm	2,5 cm
7	1,3 cm	2,5 cm	3 cm

1	-	-	-
2	-	0,5 cm	0,5 cm
3	0,4 cm	1,5 cm	1 cm
4	1 cm	2,3 cm	2,5 cm
5	1,5 cm	3 cm	3 cm
6	1,7 cm	3,2 cm	3,5 cm
7	2 cm	3,5 cm	3,7 cm

Berdasarkan Tabel 1. terlihat bahwa tanaman yang diberi perlakuan carbon dots menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol (aquades). Peningkatan pertumbuhan mulai terlihat sejak hari ke-3 dan terus meningkat hingga hari ke-7. Konsentrasi 1 gram memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan 0,5 gram, yang ditunjukkan oleh tinggi tanaman yang lebih besar pada setiap hari pengamatan.

Kondisi tanaman pada hari ke-7 (a) larutan aquades, (b) larutan carbon dots 0,5 g/L, (c) larutan carbon dots 1 g/L disajikan pada **Gambar 2**



**Gambar 2.** Kondisi tanaman pada hari ke-7

Selanjutnya, pertumbuhan tanaman bayam dengan perlakuan C-dots dari kulit melinjo (*Gnetum gnemon*) disajikan pada **Tabel 2**

**Tabel 2.** Data Pertumbuhan tanaman bayam dengan perlakuan C-dots dari kulit melinjo

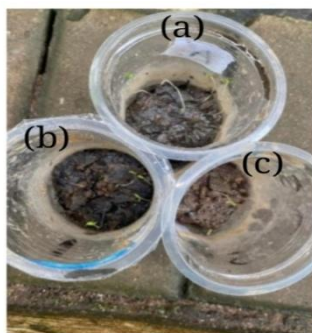
Hari	Larutan Aquades	Larutan Carbon dots (0,5g/L)	Larutan Carbon dots (1g/L)
1	-	-	-
2	-	0,3 cm	0,6 cm
3	0,2 cm	0,6 cm	1 cm
4	0,6 cm	1 cm	1,5 cm
5	0,8 cm	1,5 cm	2 cm
6	1 cm	2 cm	2,5 cm
7	1,3 cm	2,5 cm	3 cm

Berdasarkan Tabel 2 pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*) dengan perlakuan carbon dots dari kulit melinjo (*Gnetum gnemon*)



menunjukkan peningkatan bertahap selama masa pengamatan) Perlakuan carbon dots menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibandingkan kelompok kontrol (aquades), terutama pada konsentrasi 1 g/L yang menunjukkan tinggi tanaman lebih besar dibandingkan konsentrasi 0,5 g/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian carbon dots dari kulit melinjo berpotensi memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman bayam.

Kondisi tanaman pada hari ke-7 (a) larutan aquades, (b) larutan carbon dots 0,5 g/L, (c) larutan carbon dots 1 g/L disajikan pada **Gambar 3**

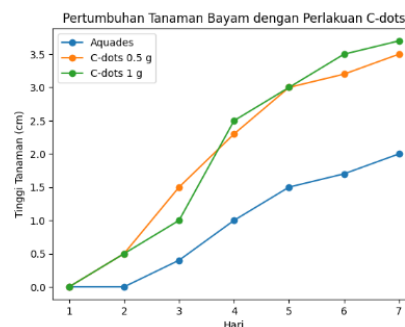


**Gambar 3.** Kondisi tanaman pada hari ke-7

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor L.*) menunjukkan perbedaan yang jelas antara perlakuan kontrol (aquades) dan perlakuan carbon dots dari kulit melon (*Cucumis melo L.*) serta kulit melinjo (*Gnetum gnemon*). Pada kedua perlakuan, pertumbuhan mulai terlihat pada hari ke-3 dan meningkat secara bertahap hingga hari ke-7. Tanaman yang diberi carbon dots menunjukkan laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, baik pada konsentrasi 0,5 gram maupun 1 gram. Hal ini menunjukkan bahwa carbon dots berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam.

Pada perlakuan carbon dots dari kulit melon, pertumbuhan tanaman terlihat lebih optimal dibandingkan kulit melinjo. Hal ini ditunjukkan oleh tinggi tanaman pada hari ke-7 yang mencapai 3,7 cm (1 g/L) dan 3,5 cm (0,5 g/L), sedangkan pada kulit melinjo masing-masing mencapai 3 cm (1 g/L) dan 2,5 cm (0,5 g/L). Selain itu, tanaman kontrol pada perlakuan kulit melon juga menunjukkan

pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol pada kulit melinjo. Perbedaan ini diduga berkaitan dengan perbedaan komposisi kimia dari masing-masing biomassa. Kulit melon umumnya memiliki kandungan karbohidrat dan senyawa organik sederhana yang lebih tinggi, yang berpotensi menghasilkan carbon dots dengan sifat optik dan permukaan yang lebih baik. Sebaliknya, kulit melinjo mengandung senyawa yang lebih kompleks, seperti lignin dan komponen fenolik, yang dapat memengaruhi proses pembentukan serta karakteristik carbon dots yang dihasilkan. Perbedaan karakteristik tersebut berpotensi memengaruhi interaksi carbon dots dengan tanaman, misalnya dalam penyerapan cahaya atau transfer energi yang berkaitan dengan proses fotosintesis. Namun demikian, karena penelitian ini belum dilengkapi dengan analisis karakterisasi material, maka dugaan tersebut masih bersifat sementara dan memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mengonfirmasi pengaruh sumber biomassa terhadap sifat carbon dots.



**Grafik 1** Pertumbuhan Tanaman Bayam

Grafik 1 menunjukkan bahwa perlakuan carbon dots dari kulit melon memberikan kecenderungan pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Konsentrasi 1 g/L menghasilkan pertumbuhan tertinggi, diikuti 0,5 g/L. Namun, karena data masih bersifat deskriptif, hasil ini belum dapat dinyatakan signifikan dan memerlukan penelitian lanjutan.

Pada penelitian ini, carbon dots yang disintesis dari limbah kulit melon (*Cucumis melo L.*) dan kulit melinjo (*Gnetum gnemon*) menunjukkan sifat fluoresensi saat diamati menggunakan sinar UV. Namun, penelitian ini masih menggunakan



karakterisasi sederhana sehingga belum dapat menjelaskan secara detail perbedaan karakteristik carbon dots yang dihasilkan dari masing-masing biomassa. Oleh karena itu, interpretasi mengenai pengaruh jenis biomassa terhadap karakteristik carbon dots dibatasi pada hasil pengamatan yang diperoleh. Karakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis diperlukan untuk memberikan informasi yang lebih lengkap mengenai sifat optik carbon dots dari masing-masing sumber biomassa.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa carbon dots berhasil disintesis dari limbah kulit melon dan kulit melinjo dengan menggunakan metode pemanasan sederhana (oven). Proses yang digunakan relatif mudah dan tidak memerlukan peralatan yang rumit, sehingga cukup memungkinkan untuk diterapkan di laboratorium sederhana. Selain itu, pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku juga memberikan nilai tambah karena dapat mengurangi limbah sekaligus menghasilkan material yang bermanfaat.

Berdasarkan hasil pengamatan pada tanaman bayam, pemberian larutan carbon dots terlihat memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan aquades saja. Tanaman yang diberi perlakuan carbon dots menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dari hari ke hari. Perbedaan juga terlihat pada variasi konsentrasi, di mana penggunaan 1 g/L memberikan hasil yang cenderung lebih tinggi dibandingkan 0,5 g/L. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah carbon dots yang diberikan ikut mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Jika dilihat dari bahan bakunya, carbon dots yang berasal dari kulit melon menunjukkan hasil yang sedikit lebih baik dibandingkan dengan kulit melinjo. Tanaman bayam pada perlakuan ini umumnya memiliki pertumbuhan yang lebih tinggi pada waktu pengamatan yang sama. Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah kulit melon dan kulit melinjo memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan carbon dots yang berpotensi membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman, sekaligus

mendukung pemanfaatan limbah secara lebih ramah lingkungan

### DAFTAR PUSTAKA

- Baker, S. N., & Baker, G. A. (2010). Luminescent carbon nanodots: Emergent nanolights. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(38), 6726–6744. <https://doi.org/10.1002/anie.200906623>
- Bandini, Y., & Azi, S. (2002). *Bayam*. Penebar Swadaya.
- Gunadi, D. (2008). *Teknologi pengolahan pangan*. Gramedia.
- Jia, X., Li, N., & Chen, S. (2020). Carbon nanomaterials in agriculture: A review. *Environmental Science: Nano*, 7(4), 1031–1046. <https://doi.org/10.1039/C9EN01301K>
- Li, H., Kang, Z., Liu, Y., & Lee, S. T. (2012). Carbon nanodots: Synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, 22(46), 24230–24253. <https://doi.org/10.1039/C2JM34690G>
- Li, X., Rui, M., Song, J., Shen, Z., & Zeng, H. (2015). Carbon and graphene quantum dots for optoelectronic and energy devices: A review. *Advanced Functional Materials*, 25(31), 4929–4947. <https://doi.org/10.1002/adfm.201501250>
- Lim, S. Y., Shen, W., & Gao, Z. (2015). Carbon quantum dots and their applications. *Chemical Society Reviews*, 44(1), 362–381. <https://doi.org/10.1039/C4CS00269E>
- Liu, M. L., Chen, B. B., Li, C. M., & Huang, C. Z. (2019). Carbon dots: Synthesis, formation mechanism, fluorescence origin and sensing applications. *Green Chemistry*, 21(3), 449–471. <https://doi.org/10.1039/C8GC02736F>
- Liu, H., Ye, T., & Mao, C. (2007). Fluorescent carbon nanoparticles derived from candle soot. *Angewandte Chemie*, 119(34), 6593–6595.



- Maruapey, A., et al. (2022). Nutritional content of melon fruit and its utilization. *Journal of Food Science*, 10(2), 45–52.
- Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., & Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science*, 179(3), 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.04.012>
- Rahmawati, D., Siregar, M., & Putri, A. (2021). Pemanfaatan limbah kulit melinjo sebagai sumber karbon. *Jurnal Kimia Terapan*, 5(1), 12–18.
- Siregar, M., et al. (2020). Karakteristik kimia kulit melinjo sebagai bahan karbon. *Jurnal Material Alam*, 3(2), 25–30.
- Statistik Pertanian. (2021). *Data produksi hortikultura Indonesia*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Sutanto, R. (2018). *Dasar-dasar ilmu tanah dan tanaman*. Kanisius.
- Wang, Y., Hu, A., & Jin, L. (2019). Carbon quantum dots and their applications in agriculture. *Nano Today*, 25, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2019.01.003>
- Zhao, A., Chen, Z., Zhao, C., Gao, N., Ren, J., & Qu, X. (2015). Recent advances in bioapplications of C-dots. *Carbon*, 85, 309–327. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2014.12.065>
- Zhao, X., Zhang, L., & Wei, X. (2021). Application of carbon dots in plant growth. *Journal of Nanobiotechnology*, 19(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12951-021-00872-3>
- Zhou, J., Booker, C., Li, R., Zhou, X., Sham, T. K., Sun, X., & Ding, Z. (2007). An electrochemical avenue to blue luminescent carbon nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 129(4), 744–745.
- Zhu, S., Meng, Q., Wang, L., Zhang, J., Song, Y., Jin, H., Zhang, K., Sun, H., Wang, H., & Yang, B. (2013). Highly photoluminescent carbon dots for multicolor patterning, sensors, and bioimaging. *Angewandte Chemie International Edition*, 52(14), 3953–3957. <https://doi.org/10.1002/anie.201300519>