



## Pengaruh Konsentrasi Variasi Carbon dots dari Limbah Kulit Melinjo Menggunakan Metode Iradiasi Gelombang Mikro Terhadap Pertumbuhan Tanaman Caisim

Rana Putri Astari<sup>1\*</sup>, Fahmi Fahrozi<sup>1</sup>, Tarisya Octaviani<sup>1</sup>, Medina Imelda Rose<sup>1</sup>,  
Rahmat Firman Septiyanto<sup>1</sup>, Devi Ayu Nur'aini<sup>1</sup>, Isriyanti Affifah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup>Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: [ranaputri12383@gmail.com](mailto:ranaputri12383@gmail.com)

Telp. 087819759196

### ABSTRACT

Cultivation of caisim (*Brassica rapa* subsp. *Chinensis*) is one of the efforts to improve food security in Indonesia. Plant cultivation methods often have high costs and are less environmentally friendly. Carbon Dots are carbon-based nanomaterials that are environmentally friendly and low cost and have many potential applications including in agriculture. This study aims to synthesize carbon dots from melinjo peel waste using microwave irradiation technique and apply it to the growth of caisim plants. Carbon dots were synthesized using microwave. Characterization process on carbon dots using UV flashlight, UV-VIS spectrophotometer and photoluminescence. The results of observations using a UV flashlight show that the resulting carbon dots have a blue-green color. The results of the UV-VIS spectrophotometer characterization test showed an absorbance peak at 266 nm and photoluminescence testing showed the results of its excitation peak at 453 nm. The application of carbon dots on plant growth with variations in solution concentrations of 0.06 mL/gram and 0.09 mL/gram with plant sizes of 5.1 cm to 5.4 cm in ten days, this shows that there is a significant increase compared to using pure distilled water solution. The results of this study indicate that carbon dots obtained from melinjo peel waste have the potential as an environmentally friendly material to support plant growth, while contributing to reducing waste.

**Keywords:** carbon dots, eco-friendly nanomaterial, melinjo peel waste, plant growth

### ABSTRAK

Budidaya tanaman caisim (*Brassica rapa* subsp. *Chinensis*) merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan pangan di Indonesia. Metode budidaya tanaman seringkali memiliki biaya yang tinggi dan kurang ramah lingkungan. Carbon Dots merupakan nanomaterial berbasis karbon yang ramah lingkungan dan berbiaya murah serta banyak memiliki potensi aplikasi termasuk dibidang pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis carbon dots dari limbah kulit melinjo dengan menggunakan Teknik iradiasi gelombang mikro serta mengaplikasikannya pada pertumbuhan tanaman tanaman caisim. Carbon dots disintesis menggunakan microwave. Proses karakterisasi pada carbon dots dengan menggunakan senter UV, spektrofotometer UV-VIS dan photoluminescence. Hasil pengamatan menggunakan senter UV menunjukkan bahwa carbon dots yang dihasilkan memiliki warna berwarna biru kehijauan. Hasil pengujian karakterisasi spektrofotometer UV-VIS menunjukkan puncak absorbansinya pada 266 nm dan pengujian photoluminescence menunjukkan hasil puncak eksitasinya pada 453 nm. Penerapan carbon dots pada pertumbuhan tanaman dengan variasi

konsentrasi larutan 0,06 mL/gram dan 0,09 mL/gram dengan ukuran tanaman 5,1 cm hingga 5,4 cm dalam sepeleuh hari, hal ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan menggunakan larutan murni aquades. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa carbon dots yang diperoleh dari limbah kulit melinjo berpotensi sebagai bahan yang ramah lingkungan untuk mendukung pertumbuhan tanaman, sekaligus berkontribusi dalam mengurangi limbah.

**Kata Kunci:** carbon dots, limbah kulit melinjo, nanomaterial ramah lingkungan, pertumbuhan tanaman

## **PENDAHULUAN**

Budidaya tanaman merupakan salah satu upaya untuk memelihara atau melestarikan sumberdaya hayati dan dapat meningkatkan hasil pertanian untuk ketahanan pangan di Indonesia. Metode budidaya tanaman meningkat dalam beberapa tahun dan semakin canggih. Akan tetapi, metode yang dikembangkan membutuhkan biaya yang tidak murah untuk alat dan bahan yang digunakan juga tidak ramah lingkungan. Salah satu hal yang perlu diperhatikan pada metode budidaya tanaman adalah penyiraman tanaman, biasanya bahan yang digunakan dalam penyiraman tanaman menggunakan bahan yang tidak ramah lingkungan seperti penggunaan petisida. Penggunaan peptisida secara berlebihan dapat menghambat pertumbuhan tanaman serta meninggalkan residu pada tanaman (Isha et al., 2022). Budidaya tanaman yang digemari oleh masyarakat Indonesia yaitu budidaya tanaman caisim. Caisim merupakan tanaman yang mudah untuk dikembangkan karena untuk budidaya tanamannya sangat mudah, banyak kalangan yang menyukainya dan memiliki umur panen yang pendek sekitar 30-40 hari. Caisim mampu untuk memberikan respon yang baik dengan keragaman unsur hara yang diberikan (Nugraha et al., 2021).

Penyiraman pada tanaman dengan menggunakan bahan nanomaterial menghasilkan pertumbuhan tanaman yang meningkat secara signifikan sehingga penggunaan bahan nanomaterial pada penyiraman tanaman dapat digunakan. Bahan nanomaterial dalam pertanian telah muncul, namun masih belum banyak dieksplorasi oleh para peneliti. Dengan adanya penyiraman menggunakan bahan nanomaterial ini bertujuan untuk menghasilkan pertanian yang lebih efisien dan dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman yang meningkat secara signifikan.

Bahan nanomaterial yang berbiaya murah dan ramah lingkungan adalah Carbon Dots. Carbon dots memiliki banyak keunggulan seperti sintesis yang mudah, memiliki luminansi yang cukup tinggi, dapat larut dengan air, fluoresensi yang kuat dan memiliki toksisitas yang rendah (Nugraha et al., 2021). Carbon dots sangat mudah untuk disintesis dan metode sintesis yang sangat praktis (Guerrero-Gonzalez et al., 2023). Carbon dots dapat diserap dengan mudah oleh tanaman, hal ini dapat digunakan secara luas dalam pertanian untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan fotosintesis dan dapat mengurangi stress pada tanaman. Efek menguntungkan dari Carbon dots pada tanaman dapat menunjukkan potensi aplikasinya dalam pertanian. Penyiraman dengan menggunakan carbon dots pada tanaman dapat mempercepat reaksi kimia, meningkatkan dekomposisi nutrisi, memperbaiki nutrisi, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan meningkatkan pertumbuhan serta perkembangan tanaman (Chauhan & Manoj, 2024). Sintesis carbon dots menggunakan bahan limbah yang organik seperti kulit buah dan sisa pertanian telah banyak

diteliti sebagai sumber bahan baku untuk sintesis. Penggunaan limbah ini tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga memberikan alternatif murah untuk produksi carbon dots. Beberapa peneliti menunjukkan bahwa sumber-sumber ini dapat menghasilkan carbon dots dengan sifat optik yang baik dan biokompatibilitas tinggi. Salah satu penelitian tersebut carbon dots yang dibuat dari bahan asam sitrat dan urea serta tauge sebagai model untuk menguji biokompatibilitas carbon dots yang baru (Li et al., 2020).

Kulit melinjo (*Gnetum Gnemon*) dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk sintesis carbon dots. Kulit melinjo umumnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat sayur, namun seringkali dibuat tanpa dimanfaatkan, sehingga menumpuk dan menjadi limbah (Angel & Parhusip, 2024). Kulit melinjo mengandung senyawa bioaktif seperti tanin, flavonoid, dan saponin. Senyawa-senyawa tersebut memiliki fungsi sebagai antimikroba yang mampu membunuh bakteri seperti *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, dan *Pseudomonas aeruginosa* yang biasanya ditemukan di lingkungan sekitar (Honga et al., 2019). Senyawa tersebut juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan adanya senyawa yang dapat membunuh mikroba patogen dan menghambat pertumbuhan tanaman. Sehingga penggunaan limbah kulit melinjo sangat menguntungkan dalam pertumbuhan tanaman.

Penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian tentang aplikasi carbon dots dalam meningkatkan pertumbuhan pada selada roma dengan menggunakan metode hidrotermal (Zheng et al., 2017). Namun, pada metode hidrotermal untuk mensintesis carbon dots ini memerlukan alat yang mempunyai harga yang mahal dan alat yang sulit untuk digunakan. Sintesis carbon dots menggunakan metode iradiasi gelombang mikro atau pemanasan menggunakan *microwave* ini sangat mudah untuk dilakukan dan sederhana, prosesnya lebih cepat serta berbiaya murah dan sangat mudah untuk dipakai (Putro et al., 2019). Sehingga, penelitian ini menggunakan metode iradiasi gelombang mikro (*microwave*) dan menggunakan bahan limbah kulit melinjo untuk pembuatan sintesis carbon dots. Kemudian dilakukannya uji karakterisasi Photoluminescence (PL) ada carbon dots untuk dilihat intensitas eksitasi pendaran luminescence pada carbon dots dan pengujian karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-VIS untuk dilihat absorbansi dari carbon dots serta menggunakan senter UV untuk melihat pendaran cahaya yang tampak kepermukaan yang diamati secara langsung.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan bahan limbah kulit melinjo dan alat yang digunakan yaitu microwave Panasonic untuk mensintesis carbon dots serta kertas filter V60 untuk menyaring larutan carbon dots. Pengujian karakterisasi carbon dots dilakukan dengan menggunakan senter UV dan Aqualog Horiba Dual UV-VIS dan PL Spektrofotometer. Selain itu alat untuk pengaplikasian carbon dots adalah botol yang berfungsi sebagai wadah larutan carbon dots dan gelas plastik sebagai media tanam caisim. Untuk membuat sintesis Carbon dots sampai pada pengaplikasian carbon dots harus melalui beberapa tahapan yaitu:

### **1. Pembuatan Larutan carbon Dots**

Proses pembuatan larutan carbon dots menggunakan 5 gram limbah kulit melinjo dan 100 mL aquades. Pembuatan larutan ini harus dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu tahap pertama adalah menghaluskan limbah kulit melinjo menggunakan blender selama 7 menit. Selanjutnya, larutan limbah kulit melinjo disaring dengan kertas filter selama 30-60 menit, setelah itu larutan tersebut dimasukkan kedalam gelas beaker dan dibagi menjadi dua sampel. Masing-masing sampel diukur sebanyak 20 mL yang selanjutnya akan digunakan dalam proses sintesis larutan carbon dots.

## **2. Sintesis Larutan Carbon Dots**

Pada proses sintesis carbon dots dari limbah kulit melinjo, larutan yang telah dibagi menjadi dua sampel dan diukur masing-masing sebanyak 20 mL kemudian dimasukkan kedalam *microwave* dan dipanaskan selama 10 menit. Kedua sampel kemudian dikeluarkan dari *microwave* dan diamkan selama beberapa menit agar sampel dingin. Kerak yang menempel pada gelas beaker kemudian dikikis dan ditimbang dengan masing-masing sampel sebesar 0,06 gram dan 0,09 gram. Selanjutnya, kerak dilarutkan dengan aquades sebanyak 20 mL.

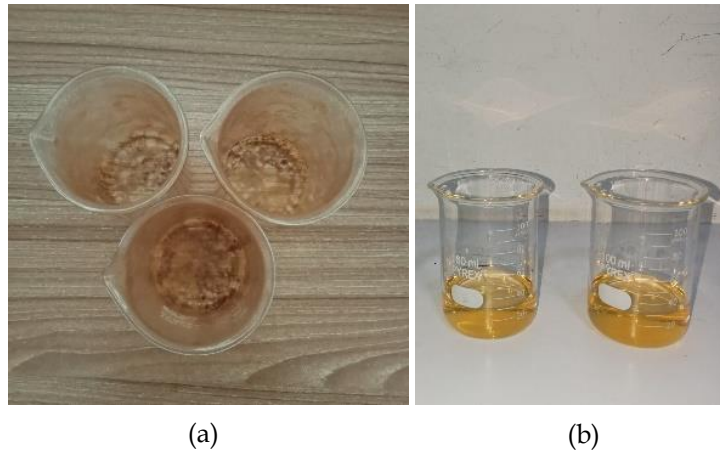
## **3. Aplikasi Carbon Dots pada Tanaman**

Pengaplikasian carbon dots pada tanaman melalui beberapa tahapan yaitu tahap yang pertama siapkan botol sebanyak tiga botol berukuran 1000 mL, kemudian masukkan aquades hingga penuh dan masukkan dua sampel dengan konsentrasi berbeda (0,06 gr dan 0,09 gr) larutan carbon dots 20 mL kedalam masing-masing botol sampel. Selanjutnya pembuatan media tanam untuk tanaman caisim menggunakan gelas plastik yang telah dilubangi kemudian masukkan pupuk kedalam gelas hingga penuh dan masukkan biji caisim kedalam pupuk. Tahap yang terakhir adalah penyiraman tanaman caisim, diperlukan variasi konsentrasi penyiraman yaitu variasi konsentrasi dengan menggunakan konsentrasi larutan murni aquades, larutan carbon dots sebanyak 0,06 gr dan larutan carbon dots sebanyak 0,09 gr serta penyiraman tanaman memerlukan waktu 10 hari agar perubahan pada tanaman caisim dapat terlihat.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini, telah dilakukan sintesis carbon dots yang berbahan dasar limbah organik yaitu limbah kulit melinjo. Proses sintesis carbon dots ini menggunakan 3 sampel dengan variasi konsentrasi yang berbeda. Pada sampel pertama, penelitian dilakukan dengan variasi konsentrasi menggunakan larutan aquades tanpa campuran carbon dots. Selanjutnya, pada sampel kedua menggunakan larutan aquades yang telah dicampurkan dengan larutan carbon dots dengan variasi campuran larutan aquades 1000 mL dan larutan 20 mL carbon dots 0,06 gram. Sampel yang terakhir menggunakan variasi campuran larutan aquades 1000 mL dan larutan 20 mL carbon dots 0,09 gram. Kemudian dilakukan uji karakterisasi dengan menggunakan senter UV, spektrofotometer UV-VIS dan Photoluminence.

## **Hasil Sintesis Carbon Dots**

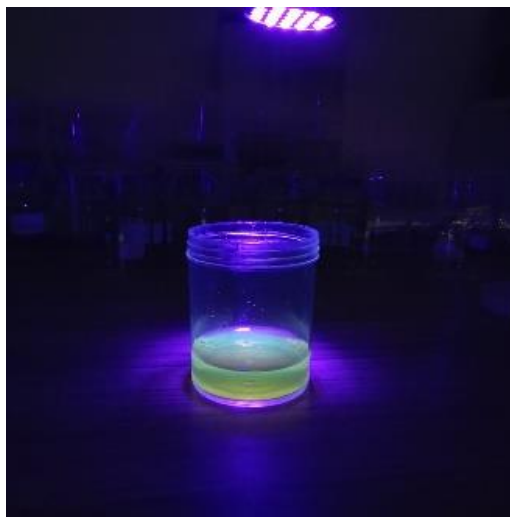


Gambar 1. Hasil Sintesis Carbon Dots (a)Kerak Carbon Dots (b) Larutan Carbon Dots

Sampel yang dihasilkan pada proses sintesis carbon dots dengan konsentrasi 5 gram limbah kulit melinjo dan larutan aquades sebanyak 100 mL yang melalui proses pemanasan menggunakan *microwave*. Pada Gambar 1a menunjukkan bahwa kerak yang dihasilkan berwarna coklat muda. Sementara itu, kerak yang telah dilarutkan dengan 30 mL aquades menghasilkan warna yang berwarna kuning kecoklatan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1b.

### Hasil Karakterisasi Carbon Dots

#### a. Karakterisasi Carbon Dots Menggunakan Senter UV

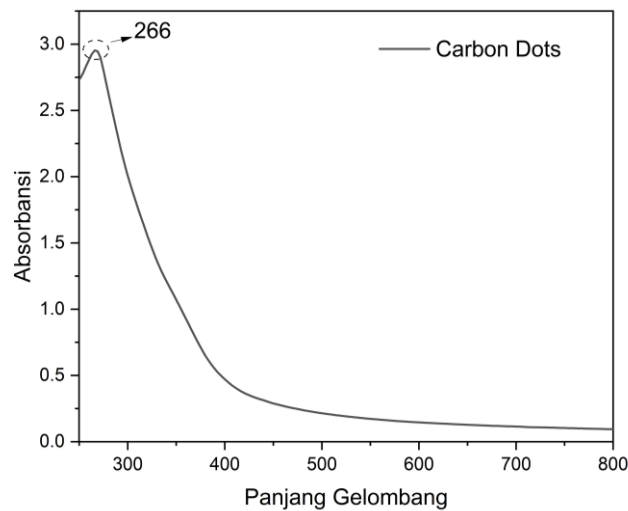


Gambar 2 Karakterisasi Carbon Dots Menggunakan Senter UV

Pada pengujian karakterisasi carbon dots yang pertama dilakukan secara sederhana menggunakan senter UV, pada pengujian ini dapat diamati secara langsung oleh mata manusia. Pada Gambar 2, pengujian karakteristik carbon dots ketika senter UV ditembakkan kedalam larutan carbon dots menghasilkan warna pendaran biru kehijauan. Carbon dots memiliki sifat optik berupa serapan UV-VIS dan fluoresensi yang tinggi yang ditunjukkan ketika transparan pada saat berada dicahaya yang tampak. Namun, carbon dots memancarkan pendaran berwarna biru kehijauan ketika ditembakkan oleh senter UV (Sari et

al., 2020).

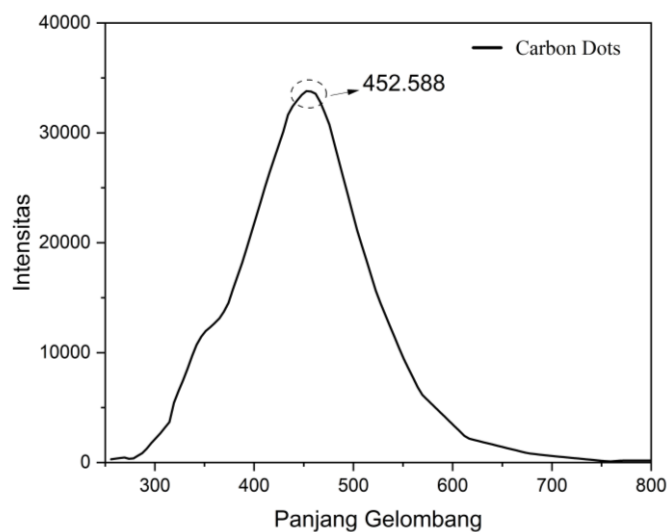
### b. Karakterisasi Carbon Dots Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS



Gambar 3. Grafik Absorbansi

Berdasarkan Gambar 3 hasil pengujian karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada konsentrasi 5 gram kulit melinjo dengan waktu pemanasan selama 10 menit yang terlihat pada grafik menunjukkan bahwa puncak absorbansi carbon dots berada pada panjang gelombang 266 nm. Gugus fungsi dan transisi elektronik carbon dots, seperti  $\pi - \pi^*$  dan  $n - \pi^*$  mempengaruhi puncak serapan. Secara khusus transisi  $\pi - \pi^*$  dalam ikatan  $sp^2$  (C=C) menghasilkan puncak serapan sekitar 240 nm hingga 330 nm, sedangkan transisi  $n - \pi^*$  dalam ikatan C-O menghasilkan puncak serapan sekitar 340 nm hingga 800 nm (Nie et al., 2014).

### c. Karakterisasi Carbon Dots Menggunakan Photoluminescence

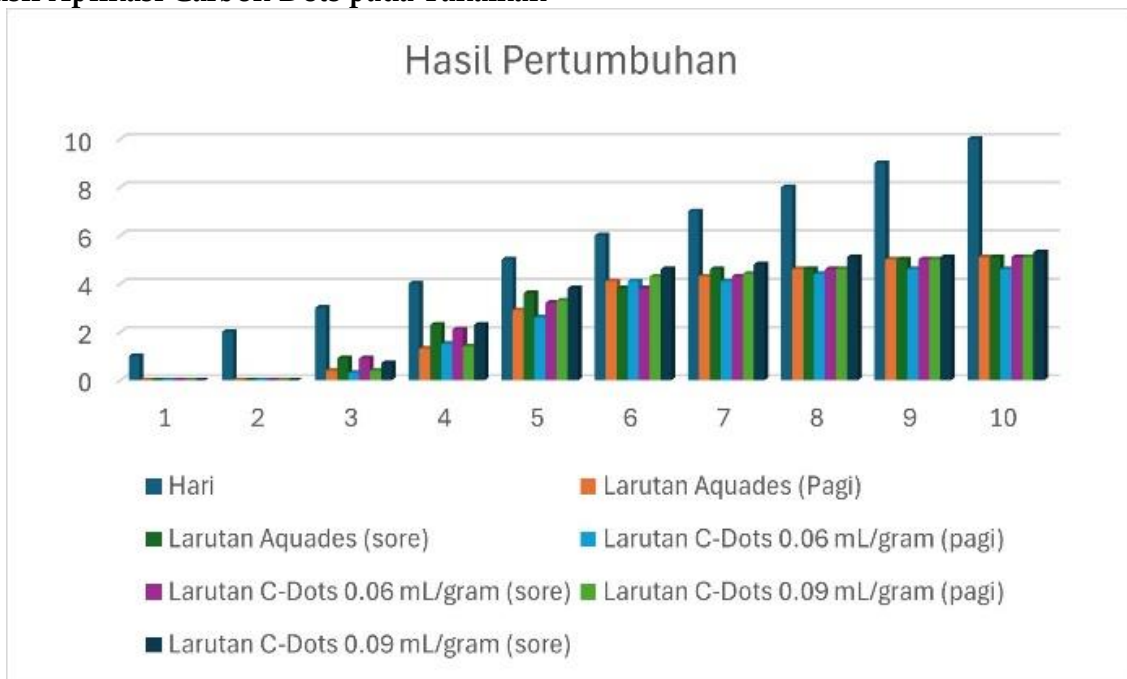


Gambar 4. Grafik Photoluminescence (PL)

Berdasarkan hasil yang terlihat pada Gambar 4 dengan karakterisasi photoluminance,

terdapat puncak serapan eksitasi pada panjang gelombang 453 nm. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran optik pada carbon dots memiliki rentang yang cukup tinggi sehingga memungkinkan cahaya tampak ke permukaan. Puncak serapan optik eksitasi terletak pada rentang panjang gelombang 200 nm hingga 400 nm menunjukkan sifat luminansi yang lemah, sedangkan rentang panjang gelombang 380 nm hingga 750 nm menunjukkan sifat luminansi yang kuat. Carbon dots yang memiliki sifat luminansi yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan proses fotosintesis serta memberikan ketahanan terhadap penyakit tanaman sehingga dapat memaksimalkan penyerapan sinar UV pada tanaman (Medina et al., 2024).

### Hasil Aplikasi Carbon Dots pada Tanaman



Gambar 5. Grafik Pertumbuhan Tanaman Caisim

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil grafik pertumbuhan tanaman caisim pada saat penyiraman tanaman dengan menggunakan larutan murni aquades, larutan carbon dots dengan konsentrasi 0,06 mL/gram dan larutan carbon dots dengan konsentrasi 0,09 mL/gram. Larutan murni aquades yang diberikan pada tanaman caisim menghasilkan pertumbuhan tanaman caisim yang signifikan, tunas tanaman caisim mulai muncul pada hari ketiga dengan ukuran 0,9 cm. Pada hari kesepuluh tanaman caisim mengalami peningkatan pertumbuhan dengan tinggi tanaman hingga sebesar 5,1 cm. Sedangkan pada konsentrasi larutan carbon dots 0,06 mL/gram dan larutan carbon dots 0,09 mL/gram yang diberikan pada tanaman caisim mengalami peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman. Tunas yang muncul pada hari ketiga, larutan dengan konsentrasi 0,06 mL/gram menghasilkan tunas tanaman yang berukuran 0,9 cm sementara larutan dengan konsentrasi 0,09 mL/gram menghasilkan tunas tanaman yang berukuran 0,7 cm. Pada hari kesepuluh tanaman caisim mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 5,1 cm menggunakan larutan carbon dots dengan konsentrasi 0,06 mL/gram sedangkan larutan carbon dots dengan konsentrasi 0,09 mL/gram menghasilkan tinggi tanaman berukuran 5,4 cm.

Carbon dots yang diberikan pada tanaman berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara menyiramkan ke tanaman yang dapat membantu penyerapan sinar matahari dan carbon dioksida. Hal ini mengakibatkan meningkatnya laju fotosintesis dan menghasilkan peningkatan pertumbuhan sebesar 10%-20% pada tanaman (Saxena et al., 2014). Tanaman sawi atau caisim yang diberi perlakuan carbon nanodots dengan doping nitrogen menunjukkan hasil panen yang lebih tinggi 2,1 kali lipat pada hari ke-18 dan 1,4 kali lipat pada hari ke-30 jika dibandingkan dengan tanaman normal yang hanya diberi air saja (Tanujaya, 2024).

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini berhasil menyintesis carbon dots dari limbah kulit melinjo dengan menggunakan metode iradiasi gelombang mikro. Hasil sintesis menunjukkan karakteristik pendaran cahaya berwarna biru kehijauan, hal ini menandakan bahwa kualitas pada carbon dots sangat baik. Pada pengujian karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-VIS didapatkan puncak absorbansinya 266 nm, kemudian karakterisasi yang selanjutnya yaitu menggunakan photoluminance menunjukkan bahwa puncak eksitasinya 453 nm. Carbon dots memiliki potensi aplikasinya dalam peningkatan pertumbuhan tanaman dapat dilihat dari variasi larutan yang digunakan untuk menyiram tanaman terutama tanaman caisim. Larutan aquades murni menghasilkan pertumbuhan tunas paling cepat dibandingkan dengan variasi larutan carbon dots lainnya, larutan aquades murni menghasilkan tinggi tanaman mencapai 5,1 cm pada hari kesepuluh. Larutan carbon dots dengan konsentrasi 0,06 mL/gram menghasilkan tinggi 5,1 cm pada hari kesepuluh dan menghasilkan batang tanaman yang kokoh. Larutan carbon dots dengan konsentrasi 0,09 mL/gram menghasilkan tinggi 5,4 cm pada hari kesepuluh dan memberikan hasil yang optimal dengan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi konsentrasi larutan yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa C-Dots berbahan dasar limbah kulit melinjo berpotensi besar untuk diaplikasikan dalam bidang pertanian sebagai bahan pendukung pertumbuhan tanaman yang efektif dan ramah lingkungan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Angel, V., & Parhusip, A. J. N. (2024). Karakterisasi ekstrak kulit melinjo (*Gnetum gnemon* L.) merah sebagai komponen antibakteri [characterization of red melinjo (*Gnetum gnemon* L.) skin extract as an antibacterial compound]. *FaST - Jurnal Sains Dan Teknologi (Journal of Science and Technology)*, 8(1), 59. <https://doi.org/10.19166/jstfast.v8i1.7598>
- Chauhan, S., & Manoj, D. (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.i5.2024.268>
- Guerrero-Gonzalez, R., Vázquez-Dávila, F., Saucedo-Flores, E., Ruelas, R., Ceballos-Sánchez, O., & Pelayo, J. E. (2023). Green approach synthesis of carbon quantum dots from agave bagasse and their use to boost seed germination and plant growth. *SN Applied Sciences*, 5(8). <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05428-2>
- Honga, J., Parhusip, A. J. N., Anugrahati, N. A., Sinaga, W. S. L., & Angel, V. (2019). Stabilization of red melinjo peel (*Gnetum gnemon* L.) ethyl acetate extract as antibacterial agent. *Journal of Functional Food and Nutraceutical*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.33555/jffn.v1i1.7>
- Isha, ., Tallapragada, S., & Lather, R. (2022). Effect of pesticides on crop, soil microbial flora and determination of pesticide residue in agricultural produce: a review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(12), 38-56. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i121437>



- 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>
- Medina, R. A., Franco, M. E., de Juan-Corpuz, L. M., & Corpuz, R. D. (2024). Photoluminescent carbon nanodots for artificial photosynthesis. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 34(1), 1–13. <https://doi.org/10.55713/JMMM.V34I1.1824>
- Nie, H., Li, M., Li, Q., Liang, S., Tan, Y., Sheng, L., Shi, W., & Zhang, S. X. A. (2014). Carbon dots with continuously tunable full-color emission and their application in ratiometric pH sensing. *Chemistry of Materials*, 26(10), 3104–3112. <https://doi.org/10.1021/cm5003669>
- Nugraha, I., Isnaeni, S., & Rismala, A. (2021). Respon pertumbuhan dan hasil tanaman caisim (*brassica juncea* l.) pada jenis dan konsentrasi poc yang berbeda. *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 5(2), 12–22.
- Putro, P. A., Roza, L., & Isnaeni. (2019). Karakterisasi sifat optik C-Dots dari kulit luar singkong. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, August, 128–136.
- 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>
- Saxena, M., Maity, S., & Sarkar, S. (2014). Carbon nanoparticles in “biochar” boost wheat (*Triticum aestivum*) plant growth. *RSC Advances*, 4(75), 39948–39954. <https://doi.org/10.1039/c4ra06535b>
- Tanujaya, J. (2024). Effects of waste organic samples and extraction methods towards the absorption range of carbon nanodots and how it affects plants' growth. *International Journal of Regional Innovation*, 4(1), 9–18. <https://doi.org/10.52000/ijori.v4i1.95>
- Zheng, Y., Xie, G., Zhang, X., Chen, Z., Cai, Y., Yu, W., Liu, H., Shan, J., Li, R., Liu, Y., & Lei, B. (2017). Bioimaging application and growth-promoting behavior of carbon dots from pollen on hydroponically cultivated rome lettuce. *ACS Omega*, 2(7), 3958–3965. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b00657>