



## Sintesis Dan Karakterisasi Carbon Dots Dari Kulit Semangka Dengan Metode Hidrotermal

Erdiana Gultom, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Indonesia

Hestina, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Indonesia

Kurniawati Hulu, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Indonesia

### ABSTRACT

*The level of watermelon consumption is increasing. This statement is in accordance with data from the Central Statistics Agency (2020) watermelon production in 2018 was 481,744 tons, in 2019 it was 523,300 tons, and in 2020 it was 523,335 tons. The increasing amount of watermelon consumption is proportional to the waste produced. Therefore, it is very important to handle this waste into more valuable materials, one of which is carbon dots. These carbon dots are widely used as heavy metal ion detection, sensors, drug delivery, catalysts and photovoltaics. Synthesis of carbon dots from watermelon skin waste using the hydrothermal method at a temperature of 150oC with a time variation of 1,2,3 hours. The results of the optical test of carbon dots with a blue laser flashlight, in the first sample there was no color change, the second sample experienced a color change to greenish blue while the third sample became greenish yellow. The presence of color changes proves that carbon dots have been successfully synthesized. Characterization of carbon dots with UV-Vis shows that the absorbance peak at a wavelength of 200-400 nm indicates the absorption peak of carbon dots. FTIR testing shows that in each sample, O-H, C=C functional groups were found*

### ARTICLE HISTORY

Submitted 28/11/2024

Revised 04/12/2024

Accepted 06/12/2024

### KEYWORDS

Watermelon peel, carbon dots, hydrothermal method

### CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ [dyangul25@gmail.com](mailto:dyangul25@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.10223>

## 1. PENDAHULUAN

Semangka (*Citrullus lanatus*) merupakan buah yang disukai masyarakat karena rasanya yang manis dan baik bagi kesehatan. Buah semangka adalah buah yang banyak sekali mengandung air dan vitamin, vitamin digunakan untuk kesehatan tubuh dan air dibutuhkan untuk menghilangkan dehidrasi (Sukarno et al., 2020). Tingkat konsumsi buah semangka semakin meningkat setiap tahunnya. Pernyataan tersebut sesuai dengan data Badan Pusat Statistik (2020) produksi buah semangka pada tahun 2018 sebanyak 481.744 ton, tahun 2019 sebanyak 523.300 ton, dan tahun 2020 sebanyak 523.335 ton (A'yun dan Utamingrum, 2022). Selain itu buah semangka juga di olah menjadi produk scincare, seperti masker wajah, lipbam/ lipstick dan banyak prodak kecantikan lainnya (Rohmalia dan Aminda, 2021). Semakin banyaknya dan bertambahnya jumlah penduduk, pola konsumsi dan perubahan gaya hidup, jumlah dan jenis limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat (Likadja, 2021). Pemanfaatan kulit semangka pada saat ini hanya sebagai manisan. Manisan kulit semangka dapat disimpan dalam waktu jangka lama dan dapat diproduksi sebagai usaha jualan (Oktafiyani et al., 2022). Adapun kandungan yang terdapat dalam kulit semangka adalah alkaloid, floanoid, fenol saponin dan panin (Hasiadin Alwi et al., 2022). Pemanfaatan kulit Semangka menjadi bahan baku sintesis karbon dots.

Nanomaterial adalah fokus riset terbaru dalam ilmu material mengingat sifat-sifat fisik nanomaterial kimia lebih baik dari material berukuran mikro. Stabilitas dan sifat flouresens yang tinggi dari nanomaterial ini dapat digunakan sebagai material sensing pada berbagai perinti elektronik Karbon dots adalah nanopartikel karbon yang berukuran 10 nm berdimensi nol. Nanopartikel merupakan salah satu tren terbaru yang sedang dikembangkan oleh ilmuwan dibidang material karena ukurannya yang sangat kecil sehingga sangat relatif. Memiliki ukuran yang lebih kecil dan rasio permukaan terhadap volume yang besar nanopartikel menunjukkan sifat yang luar biasa dan aplikasi dalam bidang bioteknologi, medis, sensor, katalis, perangkat optic dan pelabelan DNA (Anggraini dan Dwardaru, 2021).

Karbon dots (C-dots) adalah nanomaterial yang berukuran 2-10 nm, berbentuk bola dan berstruktur amorf. Karbon dots tidak beracun dan mempunyai kelarutan yang tinggi jika direaksikan dengan air. Karbon dots di aplikasikan dalam ilmu bahan (material science) dan aplikasi berorientasi biologis (Triwardiati dan Ermawati, 2018). Karbon dots dapat disintesis dari material apapun yang mengandung ikatan karbon sehingga memiliki sifat yang ramah lingkungan. Sebagai Negara yang memiliki tanah subur, Indonesia mempunyai sumber daya alam yang amat melimpah yaitu hasil pertanian berupa sayuran dan buah-buahan (Amertyasih dan Muliadisa, 2023). Salah satu sumber karbon yang jarang dimanfaatkan adalah limbah organik seperti sisa kulit buah, rempah-rempah, daun maupun kacang-kacangan (Fatimah



et al., 2019). Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan sintesis karbon dots yang berasal dari limbah organik dengan metode microwave telah berhasil dan menunjukkan sifat optik dari karbon dots (Fatimah et al., 2019). Karbon dots yang disintesis dari daun mangga dengan metode microwave telah berhasil dan menunjukkan sifat optik karbon dots (Qurrata et al., 2018). Karbon dots dari kulit bawang merah telah berhasil disintesis dengan teknik microwave (Triwardiatidand Ermawati, 2018). Dan sintesis karbon dots dari limbah sekam padi telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode pembakaran furnace (Jaya et al., 2021). Sintesis karbon dots dapat dilakukan dalam metode bottom-up dan top down. Sintesis bottom-up dianggap lebih sederhana dan lebih tepat dalam sintesis partikel-partikel yang kurang dari 100 nm (Agus Permana Putra Sujana dan Sumadiyasa, 2021). Metode sintesis yang termasuk ke dalam kategori bottom-up adalah pembakaran, microwave, hidrotermal, ultrasonik, supported synthetic, dan oksidasi asam (Ghifari et al., 2017). Salah satu metode bottom up yang banyak digunakan yaitu metode metode hidrotermal. Metode hidrotermal merupakan metode paling banyak digunakan para meneliti untuk mensintesis karbon dots secara bottom-up. Penelitian tentang sintesis karbon dots telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal (Rosyada et al., 2023). Metode ini memiliki kelebihan ramah lingkungan, membutuhkan waktu yang lebih sedikit, dan dapat mengubah suhu secara real-time dengan menyesuaikan daya sehingga dapat menghemat energi (Jahdaly et al., 2021), tahap persiapan yang sederhana dengan menggunakan pelarut air pada kondisi suhu dan tekanan yang tinggi. Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode hidrotermal.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen dalam skala laboratorium yang bertujuan untuk mensintesis karbon dots dari limbah kulit semangka dengan metode hidrotermal.

### 2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2024 di Pusat Studi Rendah Karbon Universitas Sari Mutiara Indonesia Medan Sumatera utara.

### 2.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### Alat

Gelas ukur (50 mL, 100 mL, dan 500 mL), spatula, mikropipet 100-1000 uL, senter laser biru, botol sampel 10 mL, 50 mL tungku pemanas, beker gelas, autoclav, oven, sentrifugasi, tabung reaksi, blender, kertas saring 41 wattman, timbangan digital, vial, aluminium foil, masker, sarung tangan, UV-Vis Thermo genesys 150, FTIR shimadzu IR Prestige 21

#### Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: kulit semangka, akuades.

### 2.4 Target/Subjek Penelitian

Penelitian ini tentang sintesis dan karakterisasi carbon dots dari kulit semangka dengan metode hidrotermal kemudian dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR

### 2.5 Prosedur

#### 2.5.1 Sintesis Karbon Dots Dengan Metode Hidro termal

Kulit semangka yang telah dibersihkan ditimbang sebanyak 500 gram di dipotong-potong lalu di blender sampai halus. Selanjutnya akan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu dengan filtrat. Hasil filtrat diambil sebanyak 75 mL dimasukkan kedalam alat hidrotomal selanjutnya dipanaskan dalam oven dalam variasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam pada suhu yang sama 150°C.

#### 2.5.2 Analisa Carbon Dots dengan Senter Laser Biru

Masing-masing karbon dots yang sudah disintesis, di diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan, kemudian larutan karbon dots diteteskan dengan akuades. Hasil larutan dimasukkan kedalam tabung reaksi untuk di sentrifugasi selama 5 menit (4.000 RPM) untuk memisahkan karbon dots dengan endapan (karbon). Setelah itu karbon dots di sinari dengan senter laser biru untuk melihat pendaran warna karbon dots. Analisa Carbon Dots dengan senter Laser Biru

#### 2.5.3 Karakterisasi Carbon Dots

Sampel *Cdots* dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur spektrum absorbansi dari sampel dan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada struktur *Cdots* digunakan *karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Sintesis Karbon Dots Dari Kulit Semangka Dengan Metode Hidrotermal

Tahap sintesis karbon dots diawali dengan menimbang sebanyak 500 gram kulit semangka, kemudian di blender sampai halus lalu disaring menggunakan kertas saring 41 watmant untuk memisahkan residu dengan filtrat. Didapatkan hasil filtrat kulit semangka sebanyak 350 mL. Kemudian hasil filtrat di ukur sebanyak 75 mL masing-masing untyk tiga sample lalu dimasukkan kedalam autoclav lalu dioven selama 1 jam, 2 jam, 3 jam dengan suhu yang sama yaitu 150°C. Semua sampel disintesis menggunakan metode hidrotermal. Hasil sintesis hidrotermal selama 1 jam diperoleh 73 mL. Hasil sintesis hidrotermal selama 2 jam diperoleh 71 mL. Hasil sintesis hidrotermal selama 3 jam diperoleh 69 mL. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa semakin lama proses hidrotermal maka semakin sedikit hasil yang diperoleh. Masing-masing karbon dots yang sudah dihidrotermal, di diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan, kemudian ke larutan karbon dots ditambahkan akuades sebanyak 5 mL. Hasil larutan dimasukkan kedalam tabung reaksi untuk di sentrifugasi selama 5 menit (4.000 RPM) untuk memisahkan karbon dots dengan endapan (karbon).



(a) Larutan Sample Hasil Hidrotermal



(b) Larutan Sample Setelah Disentrifugasi

Gambar 1. Larutan Karbon Dots Hasil Sintesis Hidrotermal dan Larutan Karbon Dots Setelah Disentrifugasi

#### 3.2 Analisis Dengan Senter Laser Biru

Sampel yang telah disintesis disinari dengan Senter laser biru (Ghifari et al., 2018) untuk melihat pendaran warna pada karbon dots. Sample hasil sintesis hidrotermal 1 jam pada saat disinari dengan senter laser biru tidak menghasilkan pendaran warna sed sedangkan sample yang dihidrotermal 2 jam dan 3 jam ketika disinari dengan senter laser biru menunjukkan adanya pendaran warna mengalami perubahan warna biru kehijauan sampel dan kuning kehijauan. Hal ini menunjukkan bahwa sampel karbon dots telah berhasil disintesis (Ghifari et al., 2017).

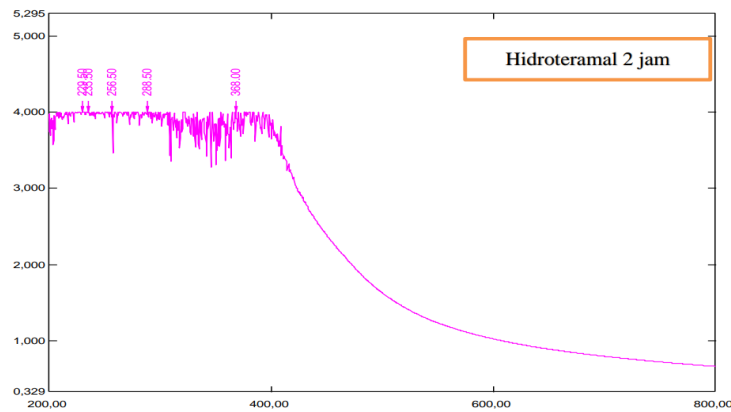


(a) (b) (c) (d) (e)  
Gambar 2. Hasil sintesis Hidrotermal Pada Cahaya Ruang dan Saat Disinari Senter Laser Biru.

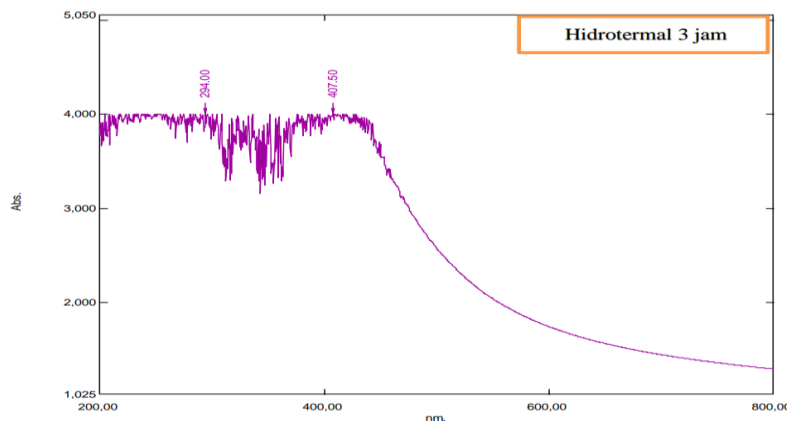
Gambar (a) merupakan sample hasil sintesis hidrotermal 1 jam pada cahaya ruang dan saat disinari senter laser biru, dimana tidak terdapat pendaran warna, (b) hasil sintesis hidrotermal 2 jam pada cahaya ruang, (c) hasil sintesis hidrotermal 2 jam pada saat disinari senter laser biru terdapat pendaran warna, (d) hasil sintesis hidrotermal 3 jam pada cahaya ruang, dan (e) hasil sintesis hidrotermal 3 jam saat disinari senter laser biru terdapat pendaran warna.

#### 3.3 Hasil Analisa UV-Vis

Analisa spektrofotometer UV-VIS digunakan untuk mengetahui puncak gelombang pada carbon dots. Hasil karakterisasi ini berupa grafik antara absorbansi dan panjang gelombang pada nilai 200 nm - 800 nm. Hasil karakterisasi karbon dots dapat dilihat gambar 3.



Gambar 3. Spektra UV-Vis Sample hidrotermal 2 jam

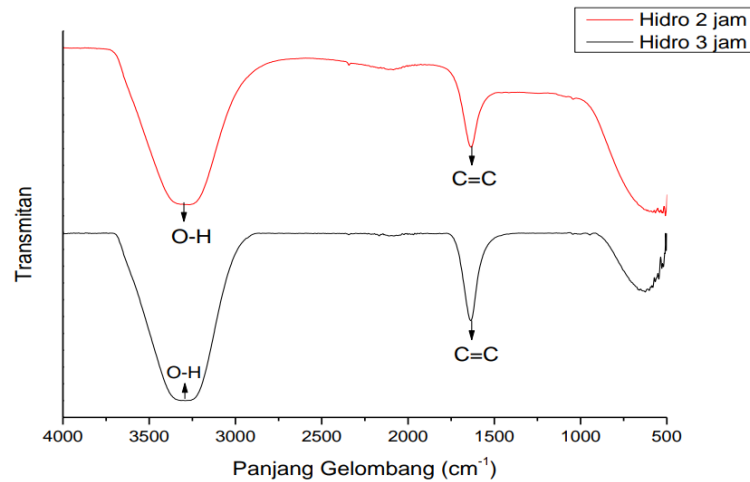


Gambar 4. Spektra UV-Vis Sample hidrotermal 3 jam

Gambar 4 menunjukkan grafik normalisasi intensitas absorbansi karbon dots kulit semangka pada panjang gelombang 200 nm hingga 800 nm. Grafik dinormalisasi untuk memudahkan pembacaan puncak intensitas absorbansi. Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan beberapa puncak grafik karbon dots. Puncak-puncak absorbansi pada spektra sample 2 jam hidrotermal terdapat pada panjang gelombang 229.56 nm, 235.56 nm, 256.50 nm, 288.50 nm, 368.00 nm. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, untuk karakterisasi UV-Vis kandungan karbon berada pada panjang gelombang 256 nm ((Yongga, 2019). Sedangkan spektrum untuk sampel variasi waktu hidrotermal 3 jam terdapat dua puncak absorbansi yang berada pada panjang gelombang 294.00 nm, dan 407.50 nm. Diketahui Panjang gelombang 294.00 nm adalah ciri puncak karbon dots (Nurfathiya, 2018). Adapun puncak absorbansi pada 200-300 nm, tidak mengalami pergeseran yang signifikan. Berdasarkan penelitian yang dilaporkan oleh Gao (2016), diketahui bahwa absorbansi karbon dots berada pada rentang panjang gelombang sinar UV, sehingga diasumsikan bahwa puncak pada 200-300 nm mengindikasikan larutan sampel karbon dots kulit semangka sudah mengandung partikel karbon dots (Nurfathiya, 2018). Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis didapatkan bahwa karbon dots kulit semangka telah berhasil disintesis. Hal ini dilihat pada puncak gelombang yang dihasilkan sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Yongga, 2019). Semakin besar nilai absorbansinya menunjukkan semakin banyaknya kandungan karbon yang terdapat pada karbon dots.

### 3.4 Hasil Analisa FTIR

Pengujian FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam sampel. Puncak yang terdapat spektrum transmisi menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah pada panjang gelombang tersebut. Sampel yang diuji berbentuk cair setelah disintesis. gelombang tersebut. Sampel yang diuji berbentuk cair setelah disintesis.



Gambar 5. Spektra FTIR *Carbon Dots* hidrotermal 2 dan 3 jam

Berdasarkan Gambar 5 didapatkan bahwa bentuk grafik dan gugus fungsi untuk karbon dots masing-masing memiliki bentuk dan gugus fungsi yang sama. Gugus fungsi yang terbentuk dalam karbon dots kulit semangka dengan variasi waktu 2 jam hidrotermal dan 3 jam hidrotermal, terdapat pada panjang gelombang gelombang 3425,63  $\text{cm}^{-1}$ , adalah O-H. Puncak berikutnya ditemukan pada 1633,67  $\text{cm}^{-1}$ , yang menunjukkan ikatan C=C. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR dapat diperoleh bahwa gugus fungsi yang terdapat dalam semua sampel karbon dots kulit semangka adalah O-H, C=C (Yongga, 2019).

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa : Karbon dots berbahan dasar kulit semangka telah berhasil disintesis menggunakan metode hidrotermal pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$ . Sintesis karbon dots dibuktikan dengan pendaran warna yang dihasilkan yaitu biru kehijauan dan kuning kehijauan yang merupakan salah satu bentuk warna dari karbon dots. Hasil karakterisasi karbon dots berbahan dasar kulit semangka menggunakan spektrofotometer UV-Vis memiliki puncak absorbansi pada panjang gelombang 200-400 nm. Gugus fungsi dari hasil karakterisasi FTIR untuk karbon dots kulit semangka adalah O-H, C=C.

##### 4.2 Saran

Diharapkan kepada peneliti selanjutnya untuk mencoba mengaplikasikan karbon dots dari kulit semangka sebagai sensor ion logam

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, Q., & Utaminingrum, F. (2022). Rancang Bangun Deteksi Kemanisan Buah Semangka menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Backpropagation Neural Network berbasis Raspberry Pi. *Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(2), 707–712. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/jptiik/article/view/10591>
- Agus Permana Putra Sujana, G., & Sumadiyasa, M. (2021). Sintesis Carbon Dot Dengan Bahan Dasar Asam Sitrat Menggunakan Metode Pemanasan Secara Berulang di Dalam Oven Microwave Synthesis of Carbon Dot with Citric Acid as a Base Material Using Repeated Heating in a Microwave Oven. 22(1), 29– 37.
- Amertyasih, K. A., & Muliadisa, K. (2023). Kualitas Selai Kulit Semangka Dengan Penambahan Ekstrak Bunga Mawar Quality Of Watermelon Skin Jam with The Addition of Rose Flower Extract. *Jurnal Pariwisata Dan Bisnis*, 02(6), 1392–1401. <https://doi.org/10.22334/paris.v2i6>.
- Anggraini, & Dwandaru. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon Dots Berbahan Dasar Daun Kemangi Menggunakan Pemanasan Resto. Universitas Negeri Yogyakarta, 39.
- Fatimah, S., Isnaeni, I., & Tahir, D. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Fotoluminisens Carbon Dots Berbahan Dasar Organik dan Limbah Organik. *Positron*, 7(2), 37. <https://doi.org/10.26418/positron.v7i2.22660>
- Fatimah, S., Isnaeni, I., & Tahir, D. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Fotoluminisens Carbon Dots Berbahan Dasar Organik dan Limbah Organik. *Positron*, 7(2), 37. <https://doi.org/10.26418/positron.v7i2.22660>
- Gayen, B., Palchoudhury, S., & Chowdhury, J. (2019). Carbon dots: A mystic star in the world of nanoscience. *Journal*

- of Nanomaterials, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3451307>
- Ghifari, A. D. Al, Putra, W. P., & Isnaeni, I. (2017). Analisis Fotoluminesensi Karbon Dot Dari Daun Teh Dan Daun Pepaya Dengan Teknik Microwave. VI, SNF2017-MPS-19-SNF2017-MPS-26. <https://doi.org/10.21009/03.snf2017.02.mps.04>
- Hasiadin Alwi, L. O., Pusmarani, J., & Juliansyah Putri, R. (2022). Aktivitas Gastroprotektif Ekstrak Metanol Kulit Semangka (*Citrullus lanatus* L.) Pada Tikus (*Rattus norvegicus*) Yang Diinduksi Aspirin. *Jurnal Pharmacia Mandala Waluya*, 1(1), 21–36. <https://doi.org/10.54883/jpmw.v1i1.20>
- Hendrian, E., & MUNASIR, M. (2022). Pendidikan Dan Aplikasi Nanoteknologi Dalam Kehidupan Terhadap Siswa Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Layanan Masyarakat (Journal of Public Services)*, 6(1), 146–152. <https://doi.org/10.20473/jlm.v6i1.2022.146-152>
- Indah, D. R., & Safnowandi, S. (2020). Karakterisasi Karbon Baggase Teraktivasi dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Logam Tembaga. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 7(2), 46. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v7i2.1912>
- Jahdaly, B. A. Al, Elsadek, M. F., Ahmed, B. M., Farahat, M. F., Taher, M. M., & Khalil, A. M. (2021). Outstanding graphene quantum dots from carbon source for biomedical and corrosion inhibition applications: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–33. <https://doi.org/10.3390/su13042127>
- Jaya, M., Johannes, A. Z., Pingak, R. K., & Ngara, Z. S. (2021). Analisis Spektrum Serapan Dan Photoluminesens Karbon Nanodots ( K-Dots ) Berbasis Sekam Padi Asal Kabupaten Kupang. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 102–109.
- Marjan, A. R., & Mukhaiyar, R. (2020). Perancangan Konveyor Pengangkut Buah Semangka Berdasarkan Berat Berbasis Mikrokontroler. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.38035/rj.v3i1.348>
- Maylani I.A., Nurfauziah A., N. A. A. H. . (2020). Isolasi dan Identifikasi Kafein dari Kopi dengan Instrumen Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR. *Penelitian*, 1–10.
- Nurfathiya, N. (2018). Sintesis Karbon Dot Berbahan Dasar Limbah Organik Sebagai Sensor Pendeteksi Ion Logam Berat. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–82.
- Oktafiyani, F., Misti Indriani, T., Syariah, P., Bisnis, E., & Saizu Purwokerto, U. (2022). Pemanfaatan Kulit Semangka Menjadi Produk Manisan Sebagai uPaYa PeNINGkataN usaha mIkro keCIL (umk) desa PurWojatI 1. *Prosiding Kamplemas*, 1(2), 643–651.
- Qurrata, A., Tahir, D., Ramlan, N. M., & H Putri, dan R. (2018). Perbandingan sifat optik karbon dots (C-dots) dari daun mangga kering dan segar. *Jl. Kawasan Puspiptek*, 25, 441–442.
- Rohmalia, Y., & Aminda, R. S. (2021). Analisis Penggunaan Perawatan Kecantikan Masker Alami sebagai Perawatan Kulit Wajah pada Masa Pandemic Covid19. *Diversity: Jurnal Ilmiah Pascasarjana*, 1(2). <https://doi.org/10.32832/djipuika.v1i2.5032>
- Rosyada, A., Sugiarti, S., & Suparto, I. H. (2023). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Synthesis of Carbon Dot Nanoparticles ( C-Dot ) from Seeds and Seedpods of Kesumba Keling ( *Bixa orellana* ) using Hydrothermal and Solvothermal Methods. 26(6), 204–210.
- Sjahriza, A., Herlambang, S., & Wati, I. F. (2018). Modifikasi Karakteristik Kuat Tarik Pada Komposit Film. *Al-Kimiya*, 5(2), 52–56.
- Sukarno, S., Sofii, I., & Chasanah, U. (2020). Analisa Pendapatan Manisan Kulit Semangka Sebagai Upaya Peningkatan Nilai Tambah Limbah Kulit Semangka. *Jurnal Ekonomi Pembangunan STIE Muhammadiyah Palopo*, 6(2), 172–181. <https://doi.org/10.35906/jep01.v6i2.619>
- Triwardiati, D., & Ermawati, I. R. (2018). Analisis Bandgap Karbon Nanodots (CDots) Kulit Bawang Merah Menggunakan Teknik Microwave. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 25. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2810>
- Yongga, T. A. (2019). Pemanfaatan Nanomaterial Carbon Nanodots Berbahan Dasar Kulit Semangka Sebagai Absorben Co 2 Pada Pemurnian Biogas. *Journal of Physics*, 66.