



Sintesis C-dots dari Tatal Kayu Pinus dengan Penambahan Urea sebagai Doping Nitrogen

Arendra Krisna Winggiono, Ilma Fadlilah, Sari Sekar Ningrum

Program Studi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap

* Corresponding author. E-mail: krisnawinggiono123@gmail.com

ABSTRAK

Tatal kayu pinus merupakan limbah dari proses pembacokan pohon pinus untuk menghasilkan getah pinus. Tatal kayu pinus yang melimpah tersebut hanya dibiarkan begitu saja dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu upaya untuk memanfaatkan tatal kayu pinus adalah dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis c-dots. C-dots merupakan salah satu jenis nanomaterial yang memiliki ukuran <10 nm dan memiliki intensitas fluoresensi yang kuat. Intensitas fluoresensi c-dots dapat ditingkatkan dengan menambahkan doping nitrogen yang diambil dari urea. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan urea sebagai doping nitrogen terhadap karakteristik c-dots yang dihasilkan menggunakan metode microwave. Hasil sintesis c-dots pada penelitian ini menunjukkan bahwa c-dots yang dihasilkan memiliki sifat fisik berwarna kuning hingga kecoklatan dan warna pendaran biru muda, memiliki panjang gelombang maksimal 327-353 nm, dan mengandung gugus fungsi hidroksil (O-H), amina ($C\equiv N$), core ($C=C$), dan alkana (C-H).

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diserahkan September 2025

Diterima Desember 2025

Tersedia online Desember 2025

Tanggal Publikasi 8 Des 2025

Kata Kunci:

Tatal kayu pinus, c-dots, nanomaterial, doping nitrogen, metode microwave

ABSTRACT

Pine wood shavings are waste from the process of cutting pine trees to produce pine resin. The abundant pine wood shavings are simply left unused and have not been utilized optimally. One effort to utilize pine wood shavings is to use them as raw materials for c-dots synthesis. C-dots are a type of nanomaterial that has a size of <10 nm and has a strong fluorescence intensity. The fluorescence intensity of c-dots can be increased by adding nitrogen doping taken from urea. The purpose of this study was to determine the effect of adding urea as a nitrogen doping on the characteristics of c-dots produced using the microwave method. The results of c-dots synthesis in this study showed that the resulting c-dots have physical properties of yellow to brownish and light blue fluorescence color, have a maximum wavelength of 327-353 nm, and contain hydroxyl (O-H), amine (C≡N), core (C=C), and alkane (C-H) functional groups.

ARTICLE INFO**Sejarah Artikel:***Submitted September 2025**Accepted December 2025**Available online December 2025**Publication Date Dec 8, 2025*

Keyword:

Pine wood chips, c-dots, nanomaterials, nitrogen doping, microwave methods

1. Pendahuluan

Tatal kayu pinus merupakan limbah dari proses pembacokan pohon pinus untuk menghasilkan getah pinus. Salah satu daerah yang menghasilkan tatal kayu pinus yang melimpah adalah hutan pinus di desa karanggedang yang masuk dalam BKPH Sidareja. Berdasarkan Laporan Produksi Getah Pinus tahun 2023, BKPH Sidareja memiliki luas lahan 2.007,90 Ha dengan jumlah pohon pinus sebanyak 518.812,00 pohon. Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan setiap orang rata-rata dapat melakukan pembacokan pohon pinus sebanyak 10 pohon/hari dan menghasilkan tatal kayu pinus ± 1 kg/pohon, sehingga dalam satu hari tatal kayu pinus yang dihasilkan per orang mencapai ± 10 kg. Tatal kayu pinus yang melimpah tersebut hanya dibiarkan begitu saja dan belum dimanfaatkan secara maksimal.

Berdasarkan penelitian diketahui bahwa kayu pinus memiliki kandungan selulosa 55,40%; hemiselulosa 14,80% dan lignin 26,05% ^[1]. Keberadaan senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin pada kayu pinus tergolong tinggi sehingga tatal kayu pinus berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis karbon dots (c-dots). Keberadaan senyawa lignin, hemiselulosa, dan selulosa pada sumber hayati dapat menjadi sumber gugus fungsi yang akan

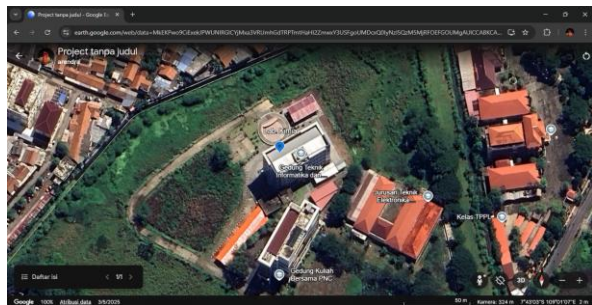
menambah keberadaan gugus karbonil dan hidroksil di permukaan c-dots serta akan meningkatkan intensitas fluoresensinya. C-dots merupakan salah satu jenis nanomaterial yang memiliki ukuran <10 nm dan merupakan karbon berdimensi nol (zero dimensional) ^[2,3].

Intensitas fluoresensi yang tinggi mengindikasikan bahwa C-dots memiliki kemampuan besar dalam menyerap foton dan menunjukkan responsivitas optik yang baik, sehingga potensial digunakan untuk *bioimaging* dan sensor logam berat. Peningkatan intensitas tersebut dapat dicapai melalui doping heteroatom, seperti nitrogen, sulfur, fosfor, atau boron, yang memodifikasi struktur elektronik C-dots dan meningkatkan *quantum yield* ^[4]. Doping heteroatom merupakan salah satu doping yang digunakan untuk mengganti atom karbon dengan atom non-karbon untuk meningkatkan sifat optik dari suatu material ^{[5] [6]}. Salah satu doping heteroatom yang umum digunakan adalah atom nitrogen (N) yang dapat diperoleh dari urea. Atom nitrogen akan berdampak besar pada intensitas fluoresensi dari c-dots yang dihasilkan sehingga peneliti mencoba melakukan inovasi dalam sintesis c-dots dari tatal kayu pinus dengan penambahan doping nitrogen (N) dari urea. Delineasi diharapkan sebagai indikator potensi hidrokarbon.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Juli 2025 di Laboratorium Kimia Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Laboratorium Kimia
Politeknik Negeri Cilacap

2.2 Alat

Beberapa alat yang digunakan pada penelitian ini seperti, mortar dan alu, timbangan digital, sonikator, microwave, corong, gelas beaker, botol vial 20 ml, senter uv 405 nm, spatula, *box container*, FTIR, dan spektrofotometer uv-vis.

2.3 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi, tatal kayu pinus yang diambil dari Hutan Pinus Karanggedang Kecamatan Sidareja, aquades, kertas saring, urea, etanol 70% pro analisis, alumunium foil dan tissue.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Proses Ekstraksi Tatal Kayu Pinus

Proses ekstraksi tatal kayu pinus menggunakan metode *Ultrasound Assisted*

Extraction (UAE). Tatal kayu pinus dijemur selama 5 jam lalu dilanjutkan proses pemotongan agar tatal kayu pinus memiliki ukuran yang lebih kecil. Tatal kayu pinus kemudian direndam dalam etanol 70% pro analisis selama 24 jam. Proses perendaman ini disebut dengan proses maserasi. Setelah maserasi, larutan kemudian disaring untuk mendapatkan ekstrak tatal kayu pinus. Ekstrak tersebut dilanjutkan ke proses sonikasi selama 15 menit dengan frekuensi 40 kHz.

2.4.2 Proses Sintesis Karbon Dots (c-dots)

Sintesis c-dots diawali dengan membuat larutan prekursor sebagai larutan induk dengan menggunakan ekstrak tatal kayu pinus sebanyak 100 ml ditambahkan dengan urea sebagai doping nitrogen dan dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 120 rpm pada suhu ruang. Larutan prekursor kemudian diiradiasi menggunakan microwave dengan suhu 150 °C selama 30 dan 60 menit. Setelah itu, larutan tersebut didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Hasil sintesis c-dots kemudian dimasukkan ke dalam botol vial 20 ml dan diberikan label sesuai dengan variasi yang digunakan. Variasi massa doping urea dan waktu iradiasi dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Variasi Massa Doping Urea dan Waktu Iradiasi

Ekstrak	Doping	Waktu	
Kayu Pinus	Urea	Iradiasi	Simbol
(ml)	(gram)	(menit)	
100	6	30	CD _{6,3}
		60	CD _{6,6}
	8	30	CD _{8,3}
		60	CD _{8,6}
	10	30	CD _{10,3}
		60	CD _{10,6}

2.4.3 Karakterisasi C-dots

Karakterisasi c-dots dilakukan untuk mengetahui karakteristik c-dots yang dihasilkan dari penelitian ini. Karakterisasi yang digunakan berupa analisis warna pendaran menggunakan senter uv 405 nm, analisis panjang gelombang maksimal menggunakan spektrofotometer uv-vis, dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Warna Pendaran

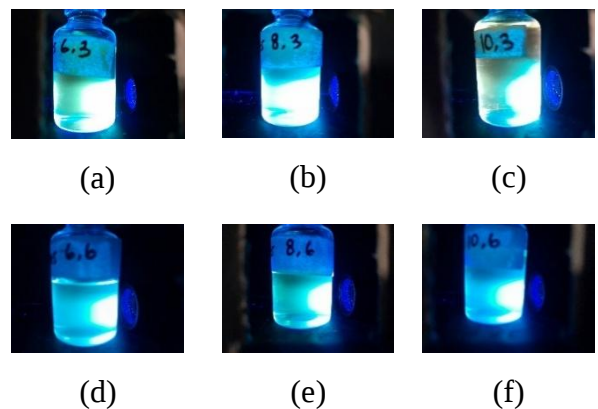
C-dots yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki sifat fisik berwarna coklat muda hingga coklat tua yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. C-dots Tanpa Disinari Senter Uv

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat adanya perbedaan sifat fisik pada setiap variasi c-dots. Hal ini disebabkan karena adanya variasi penambahan urea dan waktu iradiasi microwave. Hal ini sesuai dengan penelitian ^[4] yang menyatakan bahwa c-dots yang memiliki sifat fisik berwarna kuning hingga coklat disebabkan karena adanya penambahan massa urea dan waktu iradiasi microwave yang digunakan, semakin lama waktu iradiasi maka semakin jernih warna sifat fisik c-dots yang dihasilkan.

Analisis warna pendaran c-dots dilakukan dengan memasukkan c-dots ke dalam kotak gelap kemudian disinari menggunakan senter uv 405 nm yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis Warna Pendaran (a) CD_{6,3}; (b) CD_{8,3}; (c) CD_{10,3}; (d) CD_{6,6}; (e) CD_{8,6}; (f) CD_{10,6}

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil analisis warna pendaran menunjukkan c-dots memiliki warna pendaran dominan biru muda. Sampel CD_{10,3} memiliki warna pendaran biru yang tidak terlalu cerah. Hal ini disebabkan karena sampel ini merupakan sampel dengan

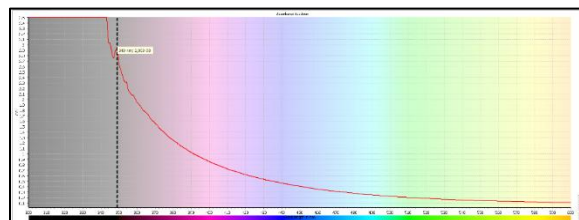
penambahan urea 10 gram dan waktu iradiasi 30 menit sehingga urea tersebut belum sepenuhnya terurai yang menghasilkan sifat fisik berwarna coklat tua. Warna sifat fisik ini menyebabkan cahaya uv tidak dapat menembus larutan c-dots tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa semakin keruh warna sifat fisik c-dots yang dihasilkan maka semakin redup warna pendaran yang dihasilkan [4].

Sampel CD10,6 memiliki warna pendaran lebih cerah dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini disebabkan karena pada variasi ini massa urea yang ditambahkan adalah 10 gram dan waktu iradiasi 60 menit. Waktu iradiasi tersebut menyebabkan urea yang ditambahkan telah terurai sepenuhnya sehingga warna pendaran yang dihasilkan lebih cerah. Hal ini dibuktikan pada penelitian yang menyatakan bahwa semakin banyak massa urea yang ditambahkan dengan disertai waktu iradiasi yang semakin lama maka warna pendaran yang dihasilkan semakin cerah [4]. Warna pendaran yang dihasilkan berupa warna biru muda mengindikasikan bahwa c-dots memiliki ukuran sekitar 2 nm [7].

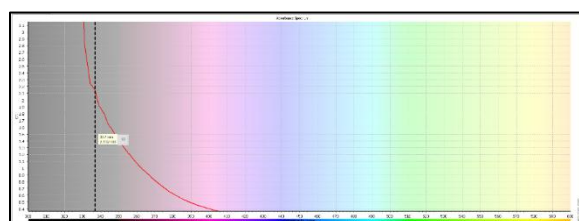
3.2 Analisis Spektrofotometer Uv-Vis

Analisis spektrofotometer uv-vis dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang maksimal c-dots yang dihasilkan. Panjang gelombang maksimal yang

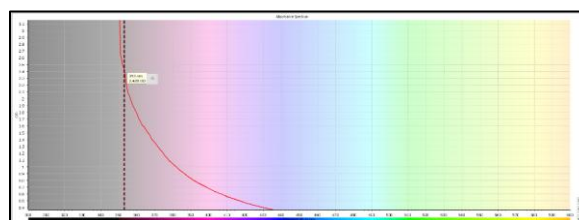
dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.



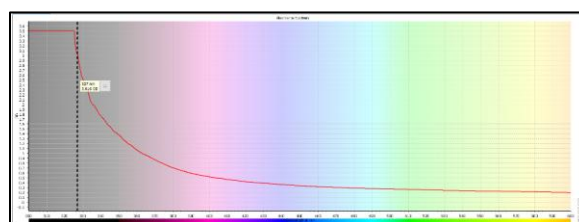
Gambar 4. Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-Vis CD6,3



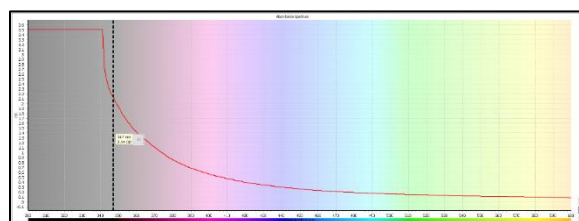
Gambar 5. Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-Vis CD8,3



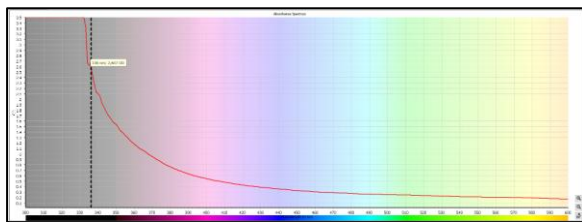
Gambar 6. Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-Vis CD10,3



Gambar 7. Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-Vis CD6,6



Gambar 8. Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-Vis CD8,6



Gambar 9. Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-Vis CD10,6

Tabel 2. Panjang Gelombang Maksimal C-dots

Variasi c-dots	Panjang Gelombang	
	Maksimal (nm)	Optical Density (OD)
CD _{6,3}	349	2,903
CD _{8,3}	337	2,132
CD _{10,3}	353	2,428
CD _{6,6}	327	3,016
CD _{8,6}	347	2,140
CD _{10,6}	336	2,607

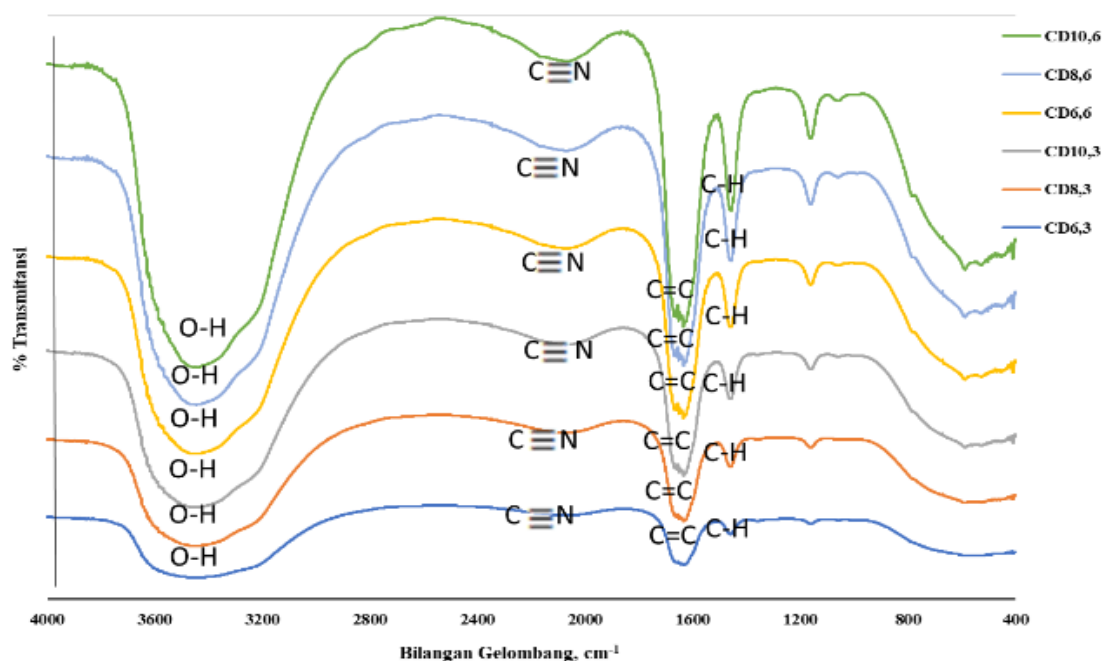
Berdasarkan Gambar 3 hingga Gambar 9 serta Tabel 2 variasi c-dots dengan waktu iradiasi 30 menit mengalami penurunan pada variasi CD_{8,3} kemudian mengalami kenaikan kembali pada variasi CD_{10,3}. Adanya penurunan panjang gelombang pada variasi ini disebabkan karena jumlah c-dots yang terbentuk berkurang. Sedangkan pada variasi c-dots dengan waktu iradiasi 60 menit terjadi peningkatan pada variasi CD_{8,6} kemudian mengalami penurunan pada variasi

CD_{10,6}. Adanya kenaikan panjang gelombang pada variasi ini disebabkan karena jumlah c-dots yang terbentuk bertambah ^[4].

Perubahan spektrum absorbansi c-dots secara fluktuatif disebabkan oleh pengaruh dari massa urea yang berperan sebagai agen passivasi permukaan. Selain itu dapat diketahui bahwa terjadi pergeseran spektrum serapan ke arah panjang gelombang yang lebih besar (redshift) atau biasa disebut dengan pergeseran batokromik. Hal ini dikarenakan adanya substituen/auksokrom pada kromofor berupa gugus fungsi C=O yang terdapat pada urea yang kemudian akan berikatan dengan lignin yang terkandung dalam tatal kayu pinus ^[8]. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan bahwa pergeseran panjang gelombang c-dots disebabkan karena penambahan unsur nitrogen (N₂) dari urea yang mempengaruhi struktur permukaan c-dots ^[4].

3.3 Analisis FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam c-dots yang telah berhasil disintesis. Hasil analisis FTIR berupa grafik hubungan antara bilangan gelombang (cm⁻¹) dengan transmitansi (%) yang dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Hasil Analisis FTIR C-dots

Berdasarkan Gambar 10 di atas, dapat diketahui bahwa masing-masing variasi memiliki peak atau puncak bilangan

gelombang yang dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Puncak Bilangan Gelombang C-dots

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)					
	CD _{6,3}	CD _{8,3}	CD _{10,3}	CD _{6,6}	CD _{8,6}	CD _{10,6}
O-H	3435	3455	3459	3449	3465	3474
C≡N	2082	2080	2070	2073	2076	2064
C=C	1644	1646	1632	1631	1634	1632
C-H	1452	1454	1454	1453	1454	1455

Bilangan gelombang 3435 cm⁻¹, 3455 cm⁻¹, 3459 cm⁻¹, 3449 cm⁻¹, 3465 cm⁻¹, dan 3474 cm⁻¹ pada masing-masing sampel c-dots merupakan bilangan gelombang untuk gugus fungsi rantai tunggal (single bond) berupa gugus fungsi hidroksil (O-H). Hal ini sesuai

dengan pernyataan ^[9], bahwa pita serapan pada bilangan gelombang dengan rentang 3650-3250 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan hidrogen yang berupa hidroksil (O-H).

Bilangan gelombang 2082 cm⁻¹, 2080 cm⁻¹, 2070 cm⁻¹, 2073 cm⁻¹, 2076 cm⁻¹, dan 2064

cm^{-1} pada masing-masing sampel c-dots merupakan bilangan gelombang untuk gugus fungsi yang memiliki rantai rangkap tiga (triple bond) berupa gugus fungsi amina ($\text{C}\equiv\text{N}$). Bahwa pita serapan dengan rentang bilangan gelombang $2000\text{-}2500\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya ikatan nitrogen dengan carbon yang disebut gugus amina ($\text{C}\equiv\text{N}$). Gugus fungsi ini berasal dari massa urea yang ditambahkan dalam c-dots [9].

Bilangan gelombang 1644 cm^{-1} , 1646 cm^{-1} , 1632 cm^{-1} , 1631 cm^{-1} , 1634 cm^{-1} , 1632 cm^{-1} pada masing-masing sampel c-dots merupakan bilangan gelombang untuk gugus fungsi yang memiliki rantai rangkap 2 (double bond) berupa core ($\text{C}=\text{C}$). Bahwa pita serapan dengan rentang bilangan gelombang $1500\text{-}2000\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan bahwa terdapat gugus fungsi yang memiliki rantai rangkap dua seperti $\text{C}=\text{C}$ [9]. Core dalam c-dots mengindikasikan bahwa c-dots dari tatal kayu pinus berhasil dilakukan [10].

Bilangan gelombang 1452 cm^{-1} , 1454 cm^{-1} , 1454 cm^{-1} , 1453 cm^{-1} , 1454 cm^{-1} , dan 1455 cm^{-1} pada masing-masing sampel c-dots merupakan bilangan gelombang yang mengindikasikan adanya daerah sidik jari (fingerprint) yang memiliki gugus fungsi yang unik seperti alkana (C-H). Bahwa daerah fingerprint terdapat pada bilangan gelombang dengan rentang $600\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ [9].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, c-dots pada penelitian ini memiliki sifat fisik berwarna kuning hingga kecoklatan dan memiliki warna pendaran biru muda. Warna pendaran ini mengindikasikan bahwa c-dots memiliki ukuran sekitar 2 nm . Selain itu, c-dots mengalami pergeseran panjang gelombang maksimal ke spektrum serapan yang lebih besar (redshift) atau biasa disebut dengan pergeseran batokromik. C-dots juga mengandung gugus hidroksil (O-H), amina ($\text{C}\equiv\text{N}$), core ($\text{C}=\text{C}$), dan alkana (C-H).

5. Referensi

- [1] Fatrawana, A., Setiawan, D., Novriyanti, E., Nawawi, D. S., Irmayanti, L., & Nurhikmah, N. (2021). Sifat Kimia dan Proksimat Kayu Tekan Pinus merkusii. *Journal of Science and Applicative Technology*, 5(1), 231–235.
- [2] Rahmi, C. N., Sugiarti, S., & Yuliani, A. D. (n.d.). Karbon dots (C-dots) dari Bahan Hayati untuk Deteksi Logam Berat. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 234–246.
- [3] Ngara, Z. S., Pasangka, B., Ngana, F. R., & Elin, A. (2021). Sistesis Material Karbon Nanodots dari Buah Sirsak dengan Logam Besi dan Kajian Spektrum Serapannya.

- Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 6(1), 1–6.
- [4] Dewi, A. R. C., Aji, M. P., & Sulhadi, S. (2016). Absorbance spectrum carbon nanodots (c-dots) daun tembakau. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-Journal)*, 5, SNF2016-MPS.
- [5] Kholifiyah, S. N., Rahayu, A. T., Wiendartun, W., & Waslaluddin, W. (n.d.). Pengaruh Temperatur Sintesis Terhadap Karakteristik Polydimethylsiloxane. *Wahana Fisika*, 5(2), 113–124.
- [6] Liu, W., Ding, F., Wang, Y., Lu, Z., Zou, P., Wang, X., Zhao, Q., & Rao, H. (2020). A dual-readout nanosensor based on biomass-based C-dots and chitosan@ AuNPs with hyaluronic acid for determination of hyaluronidase. *Luminescence*, 35(1), 43–51.
- [7] Rabouw, F. T., & de Mello Donega, C. (2016). Excited-state dynamics in colloidal semiconductor nanocrystals. *Topics in Current Chemistry*, 374(5), 58.
- [8] Yudono, B. (2017). *Spektrometri. Palembang: Simetri*.
- [9] Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118.
- [10] Yudhanto, M. R. P., & Dwandaru, W. S. B. (2024). Sintesis Dan Karakterisasi Carbon Nanodots Berbahan Dasar Limbah Biji Nangka (Artocarpus Heterophyllus) Sebagai Fotokatalis Zat Warna Congo Red. 11. *JURNAL ILMU FISIKA DAN TERAPANNYA* Учредители: Universitas Negeri Yogyakarta, 11(1), 9–20.