

Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon Dots Berbahan Dasar Daun Kemangi Menggunakan Pemanasan Presto

Synthesis and Characterization of Nanomaterial Carbon Dots Made From Basil Leaves Using Pressure Heating

Gita Ayu Anggraini^{1*}, Wipar Sunu Brams Dwandaru²

Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta¹ dan Dosen Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta²

gitaayu.2017@student.uny.ac.id

Abstrak- Penelitian ini bertujuan untuk (1) mensintesis Cdots berbahan dasar daun kemangi, (2) menentukan karakteristik Cdots berbahan dasar daun kemangi menggunakan pemanasan presto berdasarkan uji UV-Vis, PL, FTIR, dan XRD, dan (3) mengaplikasikan pasta Cdots pada LED. Penelitian ini dimulai dengan membuat serbuk daun kemangi yang telah dikeringkan. Preparasi Cdots dilakukan dengan pemanasan presto dengan variasi waktu (menit) 10, 20, 30, dan 40. Kemudian cairan Cdots dipanaskan kembali menggunakan *microwave* sehingga diperoleh sampel Cdots dalam bentuk serbuk. Sampel Cdots yang diperoleh kemudian dikarakterisasi berdasarkan uji UV-Vis untuk mengetahui puncak absorbansinya, PL untuk mengetahui emisi yang dihasilkan Cdots, FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam sampel, dan XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk dalam sampel. Selanjutnya, sampel Cdots yang diperoleh diaplikasikan pada LED. Hal ini dilakukan dengan mengoleskan pasta Cdots pada LED. Pengujian menggunakan UV-Vis menghasilkan puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 258 nm - 282 nm mengindikasikan adanya *core* Cdots. Indikasi terbentuknya Cdots diperkuat dengan hasil karakterisasi PL yang menghasilkan puncak intensitas emisi pada panjang gelombang 475 nm dan 496 nm yang mengindikasikan pendaran berwarna cyan. Lebih spesifik, spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C=C, C-H, dan N-H. Dari hasil karakterisasi XRD dapat diketahui fasa karbon serbuk Cdots berupa *amorf* pada puncak 20,74° dan 28,16°. Pengolesan pasta Cdots pada LED putih menghasilkan pancaran warna jingga.

Kata-Kata Kunci: Cdots, daun kemangi, presto, karakteristik Cdots

Abstract- This study aims to (1) synthesize Cdots containing the basil leaves, (2) determine the characteristics of Cdots of the basil leaves using warming tests based on UV-Vis, PL, FTIR, and XRD, and (3) apply Cdots paste to LED. This study is begun by making dried basil leaf powder. The preparation of Cdots is carried out by early heating with time variations of 10, 20, 30, and 40 minutes. Then the Cdots liquid is reheated using a microwave to obtain Cdots samples in powder form. The obtained Cdots samples are then characterized by UV-Vis test to determine the absorption peaks, PL to determine the emission produced by Cdots, FTIR to identify the functional groups contained in the sample, and XRD to determine the phase formed in the sample. Next, the obtained Cdots samples are applied to the LED. This is done by applying Cdots paste to the LED. The test using UV-Vis produces absorbance peaks at 258 nm - 282 nm waves which indicate the presence of Cdots core. The indication of the formed Cdots is strengthened by the results of PL characterization which produce peak emission intensity at 475 nm and 496 nm waves which indicate a cyan-colored flow. More specifically, the FTIR spectrum indicates a functional cluster C=C, C-H, and N-H. From the results of XRD characterization, it can be found the carbon dust particles of Cdots are amorphous at 20.74° and 28.16° peaks. The applying of Cdots paste to the white LED produces a long color glow.

Keywords: Cdots, basil leaves, pressure cooker, characteristics of Cdots.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis yang memiliki jumlah tumbuhan sebanyak 30.000 spesies, 9.600 diantaranya merupakan spesies tumbuhan dengan khasiat sebagai obat herbal (Ika, 2017). Salah satu tumbuhan yang tumbuh di Indonesia ini adalah tanaman kemangi. Tanaman kemangi memiliki kandungan kimia pada bunga, daun, ataupun

batangnya. Kandungan kimia tertinggi dari tanaman kemangi terdapat pada daunnya (Kicel et al, 2005).

Pemanfaatan daun kemangi saat ini hanya sebagai lalap, sayur, dan bahan pelengkap pada masakan (Adrian, Kevin, 2018). Kemangi telah terbukti memiliki sifat antioksidan, antikanker, antijamur, antimikrobia, dan analgesik (Uma et al, 2000). Zat aktif dari kemangi ialah eugenol (1-hidroxy-2-

methoxy-4-allybenzene) yang paling berpotensi farmakologis (Evelyne, 2008). Kandungan zat aktif eugenol yang mendominasi komponen daun *Ocimum sanctum* berfungsi sebagai tempat antiparasit dan antioksidan (Kurnia, Wan, 2018). Pemberian *antioksidan* dalam jumlah cukup besar akan menjadi radikal bebas (Salganik, 2001).

Nanopartikel merupakan partikel berukuran 1 nm - 100 nm. Nanopartikel menjadi salah satu tren baru yang sedang dikembangkan oleh ilmuwan di bidang material karena ukurannya yang sangat kecil sehingga sangat reaktif. Nanopartikel memiliki ukuran yang lebih kecil dan rasio permukaan terhadap volume yang besar menunjukkan sifat yang luar biasa dan aplikasi dalam bidang bioteknologi, sensor, medis, katalisis, perangkat optik, dan pelabelan DNA.

Salah satu pengembangan dari nanoteknologi ini adalah nanopartikel material *Carbon-Dots* atau Cdots. Penciptaan teknik baru sintesis Cdots diharapkan memiliki sifat unggul, efisien, murah, dan memenuhi kebutuhan. Secara umum, untuk sintesis Cdots digunakan dua metode, yaitu metode *bottom-up* dan *top-down*. Metode *bottom-up* (secara kimia) merupakan suatu proses mendapatkan molekul dengan ukuran nano melalui senyawa prekursor. Metode *bottom-up* meliputi pembakaran, elektrotermal, mikro gelombang atau ultrasonik, hidrotermal, dan oksidasi asam. Sedangkan, metode *top-down* (secara fisika) merupakan proses mendapatkan molekul dengan ukuran nano dengan cara penghancuran molekul yang lebih besar (Abdullah et al, 2008). Metode *top-down* meliputi pelucutan lalu (*arc discharge*), ablasi laser, pasivasi, dan penggunaan plasma. Material Cdots ini memiliki sifat tidak toksik dengan kelarutan yang baik, dan memiliki pendaran yang tinggi (Liu et al., 2017).

Metode pemanasan menggunakan *pressure cooker* (panci presto) untuk menghasilkan Cdots belum pernah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Metode ini dilakukan dengan menambahkan aquades ke dalam panci presto dengan memperhitungkan perbandingan jumlah bahan dan aquades.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti bermaksud melakukan penelitian sintesis dan karakterisasi Cdots berbahan dasar daun kemangi menggunakan pemanasan presto. Skripsi ini akan memberikan informasi mengenai proses sintesis Cdots berbahan dasar daun kemangi dan hasil karakterisasinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis, *photoluminescence* (PL), *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Selain itu, larutan Cdots akan dijadikan pasta dan dioleskan pada *light emitting diode* (LED).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan sintesis *Carbon Dots* (Cdots) dari daun kemangi menggunakan metode presto, mengetahui karakteristiknya, serta mengetahui hasil pengaplikasian Cdots pada LED.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika UNY Depok, Sleman, Yogyakarta.

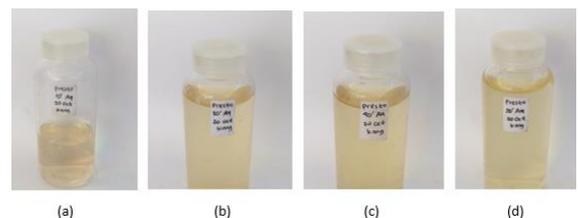
Pengambilan data dilakukan dengan menjemur daun kemangi selama 12 jam, kemudian dihancurkan sampai menjadi serbuk. Selanjutnya serbuk daun kemangi sebanyak 0,5 gram dicampur dengan 1 L aquades. Larutan tersebut dipanaskan menggunakan presto dengan variasi waktu (menit) 10, 20, 30, dan 40 agar terbentuk Cdots.

Larutan Cdots kemudian di karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, *Photoluminescence* (PL), *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Selanjutnya larutan Cdots dibuat pasta dan dioleskan pada LED.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

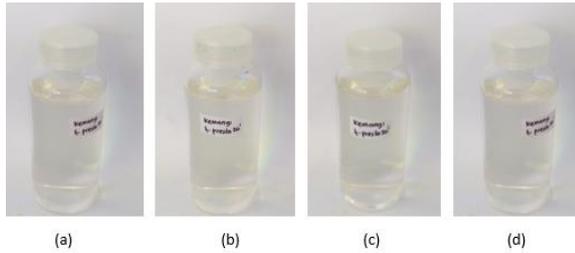
A. Hasil sintesis Cdots berbahan dasar daun kemangi menggunakan pemanasan presto

Hasil sintesis Cdots berbahan dasar daun kemangi dengan metode pemanasan presto memiliki penampakan warna sampel yang hampir sama untuk setiap variasi waktu yaitu berwarna coklat bening seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Sintesis Cdots Daun Kemangi Menggunakan Pemanasan Presto
(a) 10 menit, (b) 20 menit, (c) 30 menit, dan (d) 40 menit.

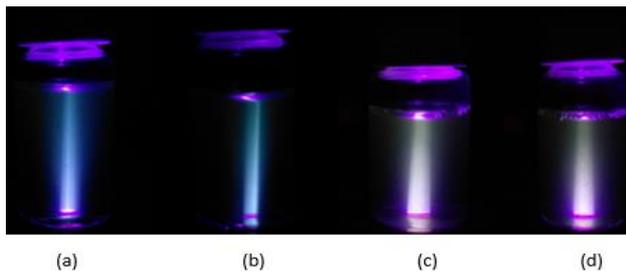
Sedangkan larutan Cdots tanpa pemanasan presto berwarna putih bening seperti pada Gambar 2. Perubahan warna yang terjadi menandakan terbentuknya C-dots.



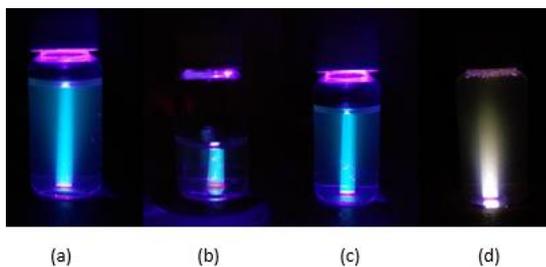
Gambar 2. Hasil Sintesis Cdots Daun Kemangi Tanpa Menggunakan Pemanasan Presto (a) 10 menit, (b) 20 menit, (c) 30 menit, dan (d) 40 menit.

Kemudian dilakukan pengujian sederhana dengan menyinari larutan Cdots menggunakan sinar laser UV untuk mengetahui keberhasilan sintesis Cdots. Hasil dari penyinaran sinar laser UV diperoleh pendaran untuk kedua sampel yang dapat diamati pada Gambar 3 dan gambar 4.

Dari Gambar 3 dan Gambar 4 terlihat bahwa Cdots memiliki pendaran yang sama yakni berwarna cyan. Intensitas pendaran secara kualitatif pada sampel hampir sama.



Gambar 3. Hasil Sintesis Cdots Daun Kemangi Menggunakan Pemanasan Presto (a) 10 menit, (b) 20 menit, (c) 30 menit, dan (d) 40 menit.



Gambar 4. Hasil Sintesis Cdots Daun Kemangi Tanpa Menggunakan Pemanasan Presto (a) 10 menit, (b) 20 menit, (c) 30 menit, dan (d) 40 menit.

Pendaran terjadi karena elektron mendapat energi dari sinar UV sehingga elektron dapat berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Namun, elektron hanya bertahan beberapa saat saja pada keadaan eksitasi. Setelah itu, elektron

kembali ke keadaan awal untuk mengisi kekosongan yang semula ditinggalkan. Proses ini yang membuat elektron melepaskan energi yang berupa pemancaran cahaya. Perbedaan pendaran warna yang terjadi karena adanya pengaruh dari perbedaan waktu perlakuan yang digunakan saat sintesis Cdots.

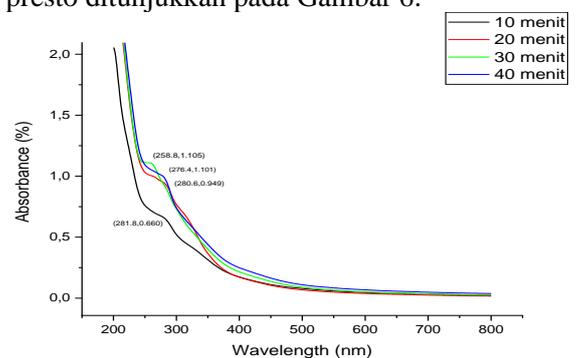
Selain pengujian sederhana, dilakukan pula pengujian dengan alat uji UV-Vis, FTIR, PL, dan XRD.

B. Hasil karakterisasi Cdots dengan metode pemanasan presto

Setelah dilakukan pengujian awal secara kualitatif dengan memaparkan sinar UV untuk mengetahui pendaran yang dihasilkan, kemudian dilakukan karakterisasi secara kuantitatif dengan UV-Vis, PL, FTIR, dan XRD.

1. Hasil uji spektroskopi UV-Vis

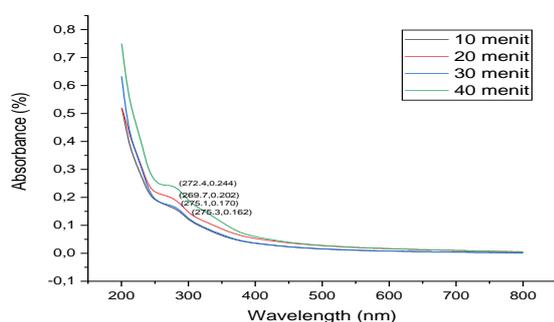
Hasil sintesis Cdots berbahan dasar daun kemangi dengan pemanasan presto dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis. Karakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui pola absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Pelarut yang digunakan untuk Cdots dalam karakterisasi uji UV-Vis ini adalah aquades. Grafik karakterisasi UV-Vis merupakan hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang (nm). Pengukuran dilakukan pada interval panjang gelombang 200 nm - 800 nm. Hasil karakterisasi sampel dengan pemanasan presto ditunjukkan pada Gambar 5. Sedangkan hasil karakterisasi sampel tanpa pemanasan presto ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Hasil Karakterisasi C-dots dengan Pemanasan Presto Menggunakan spektroskopi UV-Vis.

Dari Gambar 5 diketahui bahwa masing-masing variasi massa memiliki satu puncak

absorbansi. Puncak absorbansi pada Cdots dengan waktu pemrestoan 10 menit berada pada panjang gelombang 281,8 nm dengan absorbansi sebesar 0,660. Pada waktu 20 menit, puncak absorbansi larutan berada pada panjang gelombang 280,6 nm dengan absorbansi sebesar 0,949. Kemudian pada waktu 30 menit, puncak absorbansi larutan berada pada panjang gelombang 258,8 nm dengan absorbansi sebesar 1,105. Sementara itu, pada waktu 40 menit puncak absorbansi larutan berada pada panjang gelombang 276,4 nm dengan absorbansi sebesar 1,101.



Gambar 6. Hasil Karakterisasi Cdots Tanpa Pemanasan Presto Menggunakan Spektroskopi UV-Vis.

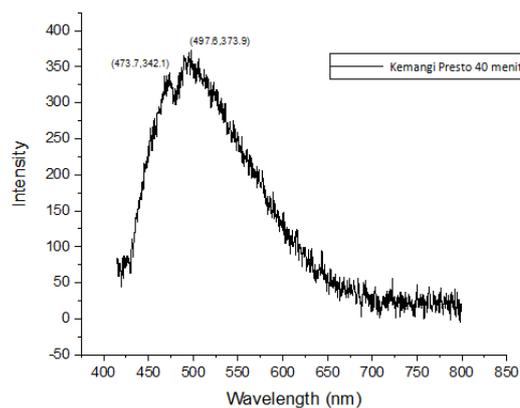
Sedangkan pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa masing-masing variasi massa memiliki satu puncak absorbansi. Puncak absorbansi pada Cdots dengan waktu pemrestoan 10 menit berada pada panjang gelombang 275,3 nm dengan absorbansi sebesar 0,162. Pada waktu 20 menit, puncak absorbansi larutan berada pada panjang gelombang 269,7 nm dengan absorbansi sebesar 0,202. Kemudian pada waktu 30 menit, puncak absorbansi larutan berada pada panjang gelombang 275,1 nm dengan absorbansi sebesar 0,170. Sementara itu, pada waktu 40 menit puncak absorbansi larutan berada pada panjang gelombang 272,4 nm dengan absorbansi sebesar 0,244.

Adanya puncak absorbansi mengindikasikan bahwa dalam sampel yang diuji mengandung suatu material. Dalam penelitian ini, semakin tinggi puncak absorbansi maka semakin banyak material Cdots yang terkandung di dalamnya. Berdasarkan grafik hasil karakterisasi UV-Vis sampel dengan pemanasan presto maupun tanpa pemanasan presto dapat dihasilkan material Cdots. Sintesis Cdots berbahan dasar daun

kemangi dapat dikatakan berhasil karena menurut Mewada *et al.* (2015) dan Soni & Maria (2016) Cdots yang disintesis dengan metode fisika dan kimia menunjukkan satu atau dua puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 260-360 nm yang merupakan rentang UV untuk Spektroskopi UV-Vis.

2. Hasil karakterisasi PL

Setelah dilakukan pengujian UV-Vis selanjutnya dilakukan pengujian PL. Pengujian PL berhubungan dengan transisi dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Pada sampel Cdots dilakukan karakterisasi PL dengan panjang gelombang eksitasi 405 nm untuk mengetahui panjang gelombang emisi maksimum yang dihasilkan oleh Cdots. Grafik karakterisasi UV-Vis merupakan hubungan antara emisi panjang gelombang eksitasi (nm) sebagai sumbu-X dengan intensitas sebagai sumbu-Y. Hasil karakterisasi PL dari kedua sampel ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Karakterisasi C-dots Menggunakan PL.

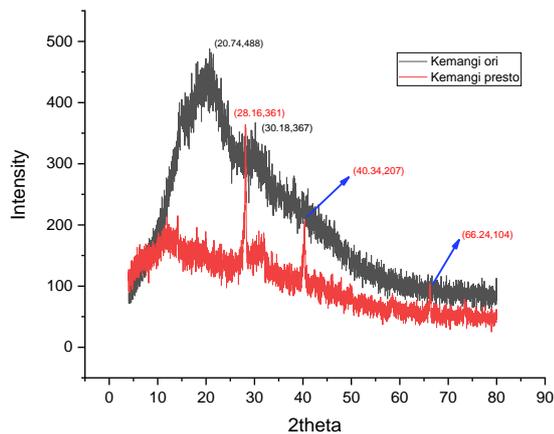
Grafik hasil pengujian PL di atas termasuk dalam rentang warna hijau yaitu 495- 570 nm sehingga dapat disimpulkan bahwa C-dots yang disintesis menghasilkan pendaran warna cyan. Hal ini juga sesuai dengan hasil kualitatif sampel setelah disinari laser UV yaitu memendarkan warna cyan.

Selaras dengan hasil pengujian UV-Vis, perbedaan puncak intensitas kemungkinan berkaitan dengan jumlah Cdots yang terbentuk dan terkandung dalam sampel (Fadli, 2018). Semakin banyak yang tereksitasi maka semakin banyak pula yang transisi ke lintasan dengan energi yang lebih rendah. Transisi ini dilakukan dengan memancarkan gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang

tertentu. Pancaran inilah yang terdeteksi sebagai intensitas emisi dari Cdots pada grafik karakterisasi PL. Adanya puncak intensitas emisi pada hasil karakterisasi PL memperkuat indikasi terbentuknya Cdots pada sampel.

3. Hasil karakterisasi XRD

Hasil dari uji XRD kemangi dengan pemanasan presto ditunjukkan pada Gambar 8. Spektrum ini menunjukkan beberapa puncak yang terdeteksi setiap 2θ . Intensitas merupakan jumlah banyaknya sinar-X yang didifraksikan oleh kisi-kisi kristal yang mungkin. Sedangkan 2θ merupakan sudut antara sinar datang dengan sinar pantul. Kisi kristal ini juga tergantung dari kristal itu sendiri. Kisi-kisi ini dibentuk oleh atom-atom penyusun kristal. Jika tidak ada atom-atom yang menyusun suatu bidang kisi pada kristal, maka sinar-X yang datang tidak dapat didifraksikan atau dengan kata lain tidak ada kisi tersebut.



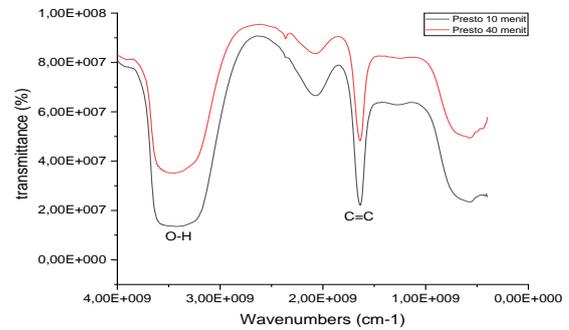
Gambar 8. Hasil Karakterisasi XRD

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa kedua sampel berstruktur amorf. Hal tersebut dikarenakan hasil difraktogram tidak memiliki puncak yang spesifik atau khas pada sudut tertentu, sehingga jarak antar atom tidak memiliki pola dan cenderung acak.

4. Hasil karakterisasi FTIR

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada sampel Cdots. Gugus fungsi yang terbentuk ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak transmitansi dari pola grafik FTIR. Setiap gugus fungsi memiliki bilangan gelombang yang berbeda didasarkan pada kemampuan gugus fungsi tersebut bergetar dan menyerap energi dari spektrum infra merah. Sumbu-Y pada grafik karakterisasi FTIR merupakan %transmitansi dan sumbu-X merupakan bilangan gelombang dalam

cm^{-1} . Semakin besar nilai %transmitansi maka semakin besar pula radiasi inframerah yang diteruskan. Hasil karakterisasi FTIR pada sampel Cdots dengan pemanasan presto ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Karakterisasi FTIR Kemangi Presto.

Sampel teridentifikasi memiliki gugus fungsi C=C. Gugus fungsi C=C pada sampel kemangi presto 40 menit memiliki bilangan gelombang $1639,59 \text{ cm}^{-1}$. Larutan Cdots berbahan dasar daun kemangi berhasil dibuat dengan adanya gugus fungsi C=C yang merupakan penyusun dasar (*core*) pada Cdots (Bilqis, 2017). Gugus fungsi lain yang terdeteksi pada kedua sampel yaitu C-H pada bilangan gelombang $570,41 \text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi N-H pada bilangan gelombang $3439,80 \text{ cm}^{-1}$. Dengan demikian indikasi adanya Cdots dari hasil UV-Vis dan PL sesuai dengan hasil FTIR yang menunjukkan adanya material karbon.

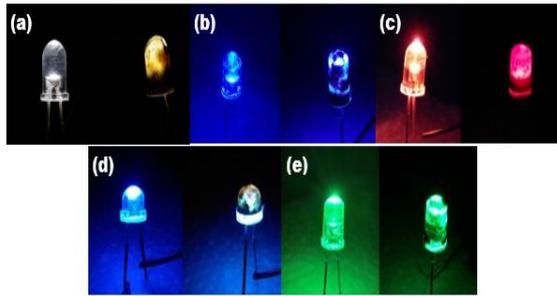
5. Hasil pengolesan pasta Cdots pada LED

Pasta C-dots yang dihasilkan dari pemanasan *microwave* dioleskan pada LED warna putih, merah, hijau, biru, dan ungu. Pengolesan dilakukan dengan cara bubuk Cdots ditambah dengan aquades secukupnya sampai bubuk Cdots berubah tekstur menjadi pasta. Hasil pengolesan pasta C-dots tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa warna emisi dari LED berlapis pasta C-dots yang disintesis berubah secara visual dari warna asli LED karena efek pendaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Dapat dilihat bahwa LED yang mengalami perubahan warna pancaran hanya LED yang berwarna putih, yaitu menghasilkan pancaran berwarna jingga.

Selain itu, dapat diamati bahwa pengolesan yang paling merata terjadi pada LED lampu merah. Lebih jauh, dapat diamati pula pelapisan pasta C-dots pada lampu LED mengakibatkan pancaran cahaya menjadi lebih lembut dan redup. Hal ini mengindikasikan bahwa lampu LED yang

dioles oleh C-dots dapat diaplikasikan untuk lampu tidur maupun lampu hias.



Gambar 10. Pengolesan Pasta C-dots Pada LED (a) Putih, (b) Biru, (c) Merah, (d) Ungu, dan (e) Hijau.

SIMPULAN

1. Sintesis Cdots dapat dilakukan dengan bahan dasar daun kemangi melalui proses pemanasan presto.
2. Karakterisasi Cdots berbahan dasar daun kemangi dilakukan dengan UV-Vis, PL, FTIR dan XRD. Pengujian UV-Vis sampel dengan pemanasan presto menunjukkan puncak absorbansi pada Cdots berada pada panjang gelombang 276-282 nm yang mengindikasikan adanya *core* Cdots. Hasil karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak gelombang pada sampel Cdots. Puncak terlihat pada panjang gelombang 497 nm yang menunjukkan Cdots memancarkan warna cyan. Lebih spesifik, hasil pengujian FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C=C untuk kedua sampel pada bilangan gelombang 1639 cm^{-1} . Adanya gugus fungsi C=C yang merupakan penyusun *core* pada Cdots membuktikan bahwa Cdots berhasil disintesis.
3. Saat Cdots dioleskan ke LED putih warna pancaran sinar berubah menjadi kuning. Namun, saat dioleskan pada LED merah, hijau, biru, dan ungu pancaran sinar LED tidak berubah warna.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Maka dari itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada: Dr. Supardi, M.Si. selaku penguji utama, Dr. Warsono, M.Si. selaku penguji pendamping, Wipar Sunu Brams D., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing, dan seluruh pihak yang berperan dalam membantu menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah M, Virgus Y, Nirmin, Khairurrijal. 2008. Review: Sintesis nanomaterial. *jurnal nanosains dan nanoteknologi*. 1(2):33-57.
- Adrian, Kevin. 2018. Potensi Manfaat Daun Kemangi, Sayur Sehat yang Tidak Perlu Dimasak. Diakses pada laman <https://www.alodokter.com/potensi-manfaat-daun-kemangi-sayur-sehat-yang-tidak-perlu-dimasak-pada-1-Januari-2021>.
- Bilqis, Silma Maula. (2017). Perbandingan Sifat Optik Carbon Nanodots Berbahan Dasar Gula Pasir dan Air Jeruk dengan Metode Sintesis Hydrothermal dan Microwave. Skripsi: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Evelyne. 2008. Uji Daya Anti Fungii minyak Kemangi (*Oncimum Sacntum*).
- Fadli, Afrizal Lathiful. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial CarbonDot, Carbon-Dot/Sulfur, Dan Carbon-Dot/Silver Nanoparticle Berbahan Dasar Buah Namnam (*Cynometra cauliflora L*) dengan Metode Penggorengan Berbasis Minyak. Skripsi: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ika. 2017. Ribuan Tanaman Herbal di Indonesia Belum Dimanfaatkan Secara Optimal. Diakses pada laman <https://www.ugm.ac.id/id/newsPdf/13165-ribuan.tanaman.herbal.di.indonesia.belum.dimanfaatkan.secara.optimal.pada.20.Januari.2021>
- Kicel, A., Kurowska, A., Kalemba, D. 2005. *Composition of the Essential Oil of Ocimum sanctum L. Grown in Poland During Vegetation. Journal of Essential Oil Research.*
- Kurnia, Wan. 2018. Kemangi, daun yang Memiliki Banyak Manfaat Bagi Kesehatan. Diakses pada laman <https://www.brilio.net/creator/daun-kemangi-yang-memiliki-banyak-manfaat-bagi-kesehatan--060788.html>
- Liu, W. et. al. 2017. Highly Crystalline Carbon Dots from Fresh Tomato: UV Emission and Quantum Confinement. *Nanotechnology*, 28(48), 0– 18. Diambil dari <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aa900b>.
- Mewada, A., Vishwakarma, R., & Patil, B., Phadke, C., Kalita, G., Sharon, M., Sharon, M. (2015). Non-blinking dendritic crystal from C-dots solution. *Carbon Letters*, 16(3), 211-214. Diambil dari <http://dx.doi.org/DOI:10.5714/CL.2015.16.3.211> pada Februari 2021.
- Salganik, R.I., 2001. Review The Benefits and Hazards of Antioxidants: Controlling

Apoptosis and Other Protective Mechanisms in Cancer Patients and the Human Population, *J. the Amer. Coll. Of Nutri.*, 20, 5, 464S-472S.

Soni, Saurabh. & Maria A. Loi. (2016). Luminescent Carbon Dots: Characteristics and Applications. Groningen: Zernike Institute of Advanced Materials University of Groningen.

Uma et. al. 2000. Radiation Protection by the Ocimum Flavonoids Orientin and Vicenin – Mechanisms of Action, *Radiat Res*, 154(4):455.