

PEMANFAATAN NANOMATERIAL CARBON NANODOTS BERBAHAN DASAR LIMBAH TEPUNG AREN (*Arenga pinnata*) SEBAGAI ABSORBEN CO₂ PADA PEMURNIAN BIOGAS

**Mohammad Ridwan Nulloh, Rizki Aulia Rohmaniar, Haryadi, Alifiana
Adhitasari¹**

¹*Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559*

E-mail : mohammad.ridwan.tkpb18@polban.ac.id

ABSTRAK

Pemurnian biogas dapat dilakukan dengan memanfaatkan C-Dots sebagai penyerap gas CO₂. Penelitian ini dilakukan dengan tahap *pretreatment* ampas aren, pembuatan C-Dots, pembuatan larutan absorben, dan proses pemurnian biogas. C-Dots dibuat pada suhu karbonisasi 225°C selama 2 jam dan ekstraksi C-Dots menggunakan microwave pada suhu 70°C selama 40 menit. Kemudian C-Dots dianalisis menggunakan FTIR, spektrofotometer UV-Vis, sinar UV (366 nm) dan *Transmission Electron Microscope (TEM)*. Hasil karakterisasi FTIR terdapat gugus fungsi C-Dots, hasil dari spektrum UV-Vis menunjukkan eksitasi C-Dots terjadi pada panjang gelombang antara 230 - 240 nm dan karakteristik fotoluminesensi di bawah sinar UV. Morfologi C-Dots dari hasil TEM dengan ukuran partikel berkisar antara 2-8 nm dan distribusi ukuran partikel dominan 5 nm (50,81%). Pada proses pemurnian biogas konsentrasi larutan absorben yaitu 0,01 g/mL; 0,02 g/mL; 0,03 g/mL; 0,04 g/mL; 0,05 g/mL dengan waktu proses 10 menit pada suhu 25°C. Biogas yang telah dimurnikan kemudian dilakukan Analisa menggunakan *Biogas Analyzer*. Kualitas absorben terbaik adalah 0,05 g/mL dengan efisiensi C-Dots sebesar 54%

Kata Kunci

Limbah Tepung Aren, *Carbon Nanodots*, Absorben, Pemurnian Biogas

1. PENDAHULUAN

Saat ini, Indonesia masih mengandalkan energi bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama. Selain menghasilkan emisi, ketersediannya yang terbatas juga menjadi faktor pertimbangan penggunaan energi fosil sehingga harus ditemukan sumber energi yang dapat menjadi cadangan. Salah satunya adalah Biogas. Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang penggunaannya dapat diimplementasikan secara langsung pada masyarakat karena membuatnya yang mudah. Salah satu sumber energi terbarukan

yang saat ini menjadi alternatif dan sedang dikembangkan diberbagai daerah merupakan biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik yang mendegradasi bahan-bahan organik. Contoh dari bahan organik ini adalah kotoran, limbah domestik, atau setiap limbah organik yang dapat diurai oleh makhluk hidup dalam kondisi anaerobik. Biogas terdiri atas berbagai unsur seperti metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), hidrogen sulfida (H₂S), hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂) (Aji, Puspito Kurniawan & Aziz Nur Bambang, 2019).

Untuk meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap penggunaan biogas,

peningkatan efisiensi biogas dapat menjadi suatu hal yang menguntungkan untuk dilakukan. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai kalor dari biogas, yaitu : mengurangi kadar H₂S, mengurangi kadar air, dan mengurangi kadar CO₂ yang terdapat dalam biogas yang lebih dikenal dengan purifikasi.

C-Dots merupakan material nano yang dapat diandalkan karena dapat terbuat dari limbah padat yang mengandung selulosa tinggi, selain itu memiliki keunggulan yaitu energi celah pita (band gap) yang dimiliki C-Dots lebih kecil daripada TiO₂, sehingga energi yang dibutuhkan oleh C-Dots untuk terjadi eksitasi lebih kecil. Proses sintesis pembuatan C-Dots dari bahan organik yang banyak digunakan adalah metode pemanasan sederhana. Yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan C-Dots adalah salah satunya limbah tepung aren. Limbah tepung aren termasuk limbah organik yang mengandung selulosa yang cukup tinggi yaitu mencapai 60,61% Selulosa; Hemiselulosa 15,74%; dan Lignin 14,21%, sedangkan 9,44% komponen penyusun lainnya.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Limbah Industri Politeknik Negeri Bandung dan melakukan pengambilan sampel Biogas di kawasan TTUC, Cimahi Jawa Barat. Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan C-dots adalah limbah tepung aren yang dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu yaitu delignifikasi dengan NaOH 4% pada suhu 70-80°C selama 2 jam kemudian disaring menggunakan corong *buchner*. Residu kemudian dibilas hingga pH nya 7 dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 1 jam. Langkah selanjutnya adalah proses hidrolisis menggunakan H₂SO₄ 2M 90°C selama 30 menit dengan hasil akhir merupakan selulosa. Selulosa yang dihasilkan kemudian dilakukan proses karbonisasi pada suhu 225°C selama 2 jam menggunakan *microwave*. Hal ini dilakukan untuk mencegah aglomerasi agar C-dots yang

dihasilkan berukuran < 10 nm. Setelah itu membuat larutan absorben C-dots dengan variasi konsentrasi 0,01 g/mL , 0,02 g/mL, 0,03 g/mL, 0,04 g/mL dan 0,05 g/mL. Proses pemurnian biogas dilakukan menggunakan *gas scrubber*, lalu biogas hasil pemurnian dilakukan analisa kandungannya menggunakan *biogas analyzer*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Grinding

Langkah pertama yang dilakukan adalah grinding, dengan tujuan untuk memperluas kontak antara ampas aren dengan NaOH dan bahan pemutih, sehingga diharapkan diperoleh selulosa yang lebih banyak dan lebih murni. Selain itu selulosa dalam bentuk serbuk akan mempermudah proses karbonisasi dalam furnace. Proses grinding diawali dengan pemotongan ampas aren hingga berukuran ± 2 cm menggunakan gunting. Selanjutnya dilakukan grinding menggunakan mesin grinding.

2.2 Delignifikasi

Delignifikasi pada ampas aren dilakukan secara kimia (chemical pulping) dengan memperhatikan faktor-faktor berpengaruh yang dipilih sebagai variabel tetap. Variabel tetap pada proses delignifikasi dapat diamati pada Tabel 1

Tabel 1. Variabel Tetap Proses Delignifikasi

No	Variabel Tetap	Keterangan
1	Massa NaOH	40 Gram
2	Volume Kuades	1000 mL
3	Massa Ampas Aren	40 Gram
4	Suhu	70 – 80 C

2.3 Bleaching

Proses bleaching pada ampas aren dilakukan dengan menggunakan H₂O₂. Menurut Putera (2012) Hidrogen Peroksida (H₂O₂) merupakan zat pemutih yang cocok digunakan untuk memutihkan serat kapas, rayon, wol, dan sutera. Serat-serat tersebut

merupakan serat yang lebih kuat dibandingkan serat tanaman dan memiliki karakteristik yang sama dengan ampas aren, sehingga Hidrogen Peroksida (H_2O_2) lebih cocok digunakan untuk proses bleaching pada ampas aren. Pada percobaan yang dilakukan, digunakan H_2O_2 20% untuk memutihkan ampas aren dengan cara direndam selama 12 jam mengacu pada Widiastuti (2016). Setelah proses perendaman selama 12 jam selanjutnya dilakukan proses penyaringan menggunakan corong buchner, filtrat yang didapat berwarna coklat kehitaman yang mengindikasikan H_2O_2 telah mengoksidasi lignin sedangkan residu berupa selulosa yang berwarna putih kekuningan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Hasil Bleaching Selulosa

2.4 Hidrolisis

Proses hidrolisis selulosa dilakukan dengan menggunakan 100 mL larutan H_2SO_4 pada konsentrasi 2,0 M pada suhu 90 °C selama 30 menit. Setelah itu dilakukan penyaringan sehingga didapatkan filtrat berupa selulosa yang telah terhidrolisis. Lalu filtrat tersebut ditambahkan NaOH hingga pHnya netral. Proses ini bertujuan untuk memecah struktur monomer selulosa menjadi polimer glukosa dengan bantuan asam kuat sehingga dihasilkan glukosa yang memiliki ukuran lebih kecil.

2.5 Karbonisasi

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan volatile matter dari C-Dots. Karbonisasi selulosa dalam penelitian ini dilakukan dengan metode pemanasan secara langsung menggunakan furnace pada suhu 225 °C

dengan waktu 2 jam. Pemilihan suhu ini karena pada suhu 225 °C titik karbonisasi selulosa telah tercapai. Menurut Ahmed (2012) Selulosa merupakan polimer glukosa yang memiliki titik karbonisasi pada rentang 200 – 280 °C. Pada temperatur 225 °C telah terbentuk karbon dengan warna coklat kehitaman seperti pada Gambar 4 dengan struktur karbon yang besar akibat dari proses pemanasan sehingga karbon yang terbentuk perlu ditumbuk terlebih dahulu agar strukturnya menjadi lebih kecil dan halus. Pada umumnya karbon yang terbentuk masih dalam terselubung dalam agregat, sehingga perlu dilakukan proses ekstraksi karbon untuk memisahkan C-Dots yang terselubung di dalam agregat tersebut.



Gambar 2. Hasil Karbonisasi C-Dots

2.6 Ekstraksi C-Dots

Proses ekstraksi dilakukan dengan melarutkan karbon hasil karbonisasi dalam air menggunakan metode irradiasi di dalam Microwave yang bertujuan untuk memisahkan karbon tersebut dari pengotornya selain itu hal ini dilakukan untuk mencegah aglomerasi. Variabel tetap proses ekstraksi dapat diamati pada Tabel 2

Tabel 2. Variabel Tetap Proses Ekstraksi C-Dots

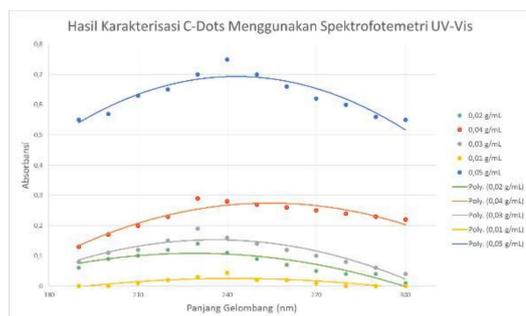
No	Variabel Tetap	Keterangan
1	Massa Karbon	1,2,3,4,5 gram
2	Suhu	68°C
3	Volume Akuades	100 mL
4	Waktu	40 menit

Menurut Handika dan Rahmayati (2015) temperatur 68°C digunakan untuk mengoptimalkan dispersi karbon dalam air.

Setelah proses ekstraksi C-Dots kemudian C-Dots disaring kemudian residu yang berupa C-Dots hasil ekstraksi dikeringkan terlebih dahulu sebelum nantinya akan dilarutkan kedalam akuades untuk membuat larutan absorbensi yang nanti akan digunakan untuk proses absorpsi gas CO₂ pada pemurnian biogas, selain itu proses ekstraksi C-Dots juga menghasilkan filtrat berupa karbon terdispersi yang berwarna kekuningan.

2.7 Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui pola absorbansi pada panjang gelombang 190 nm - 400 nm. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai puncak absorbansi pada rentang Panjang gelombang UV. Gambar 3 menunjukkan hasil karakterisasi C-Dots berdasarkan spektrofotometer UV-Vis.



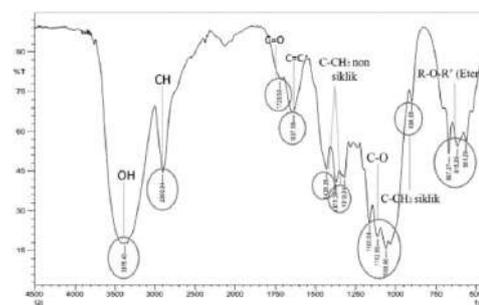
Gambar 3. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

Berdasarkan Gambar 3 Puncak bahu larutan C-Dots 0,01 g/ml; 0,02 g/ml; 0,03 g/ml; 0,04 g/ml dan 0,05 g/ml masing- masing tercatat pada panjang gelombang 240 nm; 230 nm; 230 nm; 230 nm; dan 240 nm. Menurut Nisa (2014), Puncak bahu tersebut menunjukkan adanya transisi elektronik dari π - π^* (C=C), serta adanya konjugasi dalam struktur C-Dots. Puncak absorbansi untuk setiap sampel berada pada panjang gelombang antara 230 nm dan 240 nm. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zhai dkk (2012) telah melakukan sintesis C-Dots dan menghasilkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 240 nm dan 360 nm, sehingga berdasarkan

hasil karakterisasi UV-Vis ini memperkuat bahwa sintesis C-Dots telah berhasil dilakukan.

2.8 Hasil Karakterisasi Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR)

Pengujian FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dalam C-Dots. Puncak yang terdapat pada spektrum transmisi menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah pada panjang gelombang tersebut. Hasil karakterisasi FTIR terlihat sepertipada Gambar 4



Gambar 4. Hasil Karakterisasi Spektroskopi FTIR

Hasil uji karakteristik FTIR menunjukkan adanya beberapa gugus fungsi pada karbon seperti yang ditampilkan pada Tabel 3

Tabel 3. Daftar Bilangan Gelombang dan Gugus Fungsi

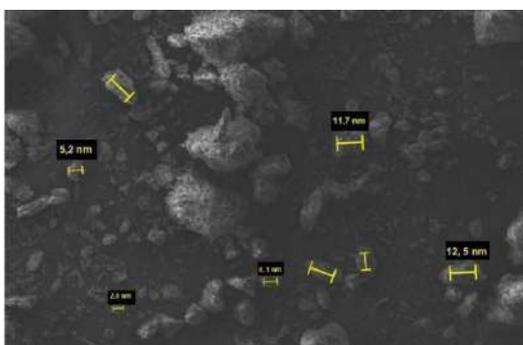
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
3375,43	O-H
2900,94	C-H
1720,50	C=O
1637,56	C=C
1319,31 - 1429,25	C-CH ₂ non siklik
1163,08 - 1058,92	C-O
898,83	C-CH ₂ siklik
561,29 - 667,37	R-O-R' (eter)

Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR dapat diperoleh bahwa gugus fungsi yang terdapat dalam semua sampel C-Dots adalah O-H, C=C, dan CO₂. Gugus fungsi C=C merupakan bagian core dari C-Dots,

sedangkan O-H dan CO₂ merupakan bagian surface dari C-Dots. Menurut Zhai (2012) Gugus fungsi O-H, C=C, C-H, C-O, dan R-O-R' yang terdeteksi menunjukkan oksidasi parsial dari permukaan C-Dots. Gugus fungsi O-H mempunyai potensi sebagai pusat ikatan antar molekul. Gugus fungsi atom karbon alkena (C=C) berpotensi sebagai backbone dari ikatan karbon pada C-Dots. Gugus fungsi R-O-R' dan C-O dapat berikatan dengan gugus fungsi C-H untuk meningkatkan hidrofilisitas dan stabilitas C-Dots ketika terdispersi di dalam air.

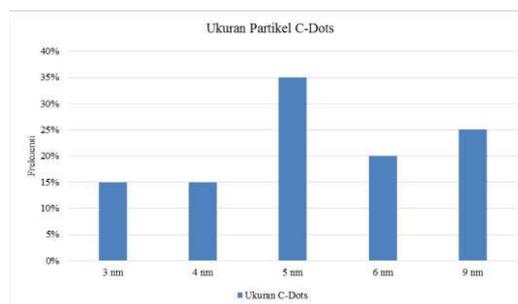
2.9 Hasil Karakterisasi *Transmission Electrone Microscopy (TEM)*

Ukuran partikel C-Dots yang terdispersi dianalisis menggunakan *Particle Size Analyzer (PSA)* dengan resolusi perbesaran 10nm-100nm. untuk menentukan distribusi partikel terbanyak serta *Transmission Electrone Microscopy (TEM)* untuk melihat visualisasi dari ukuran partikel yang terdistribusi. Hasil analisis ukuran C-Dots terdispersi disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Karakterisasi Menggunakan TEM

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui secara visualisasi bahwa ukuran partikel C-Dots dibawah 10 nm dengan frekuensi terbanyak pada ukuran 5 nm dan bentuk partikel yang terdistribusi berbentuk titik atau bulat (dots). Adapun C-Dots secara visual ada yang tidak berbentuk bulat dapat disebabkan oleh adanya aglomerasi pada C-Dots. Adapun untuk distribusi partikel C-Dots disajikan pada Gambar 6



Gambar 6. Distribusi Ukuran Partikel C-Dots

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa frekuensi distribusi ukuran partikel paling besar terdapat pada ukuran 5 nm sebanyak 35%, sehingga rata-rata ukuran partikel yang terdapat pada carbon nanodots (C-Dots) adalah 5 nm. Menurut Irwanto (2017) C-dots memiliki ukuran dibawah ~10 nm. Penelitian lain yang dilakukan Asmalah, Amrullah (2016) dihasilkan ukuran C-Dots terdispersi yaitu 5,3 nm. Sehingga hasil yang dimiliki oleh penulis ukurannya lebih kecil dibanding penelitian sebelumnya.

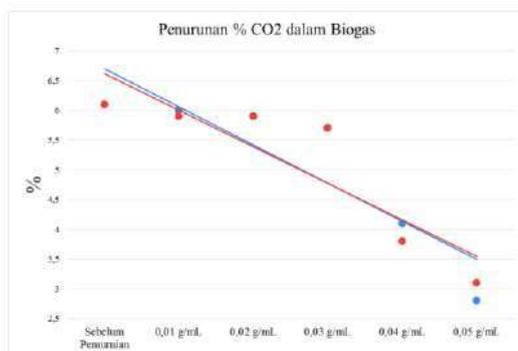
2.10 Hasil Pemurnian Biogas

Dalam penelitian ini, pemurnian biogas dilakukan dengan menggunakan metode absorpsi. Absorben yang digunakan adalah C-Dots. C-Dots memiliki core dengan gugus fungsi C=C dan surface dengan gugus fungsi oksigen. Sehingga, ketika biogas dialirkan pada C-Dots, CO₂ dalam biogas diharapkan terikat oleh gugus oksigen yang terdapat dalam surface atau terikat dengan C=C dalam core dari C-dots tersebut.

Instalasi pemurni biogas terdapat komponen utama yang memiliki peran penting dalam proses pemurnian, yaitu dua tabung pemurni (gas scrubber). Tabung ini termasuk penting karena biogas yang dialirkan akan berinteraksi dengan larutan C-Dots yang berada di dalam tabung tersebut.. Pada proses ini dilakukan dua kali penyaringan. Biogas dialirkan melalui tabung 1, yang selanjutnya biogas akan mengalir ke tabung 2 untuk memaksimalkan proses absorpsi CO₂ yang belum terserap oleh C-Dots pada tabung 1. Volume C-Dots untuk yang digunakan di 1

tabung adalah 100 mL dengan waktu pemurnian 10 menit

Larutan C-dots dari limbah tepung aren yang kemudian dijadikan sebagai absorben biogas akan memiliki potensi untuk dapat menurunkan % gas CO₂ yang terkandung di dalam biogas. Proses pemurnian kemudian dilakukan menggunakan lima variasi dari konsentrasi C-Dots, yaitu 0,01 g/mL, 0,02 g/mL, 0,03 g/mL, 0,04 g/mL dan 0,5 g/mL dengan dua kali proses pemurnian dari dua tabung yang berbeda. Hasil pemurnian biogas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pemurnian Biogas

Berdasarkan Gambar 7 dapat terlihat bahwa sesudah dilakukan pemurnian biogas menggunakan larutan C-dots kandungan CO₂ mengalami penurunan untuk semua konsentrasi. Hal ini dapat menunjukkan larutan C-dots berbahan dasar limbah tepung aren berhasil sebagai absorben CO₂ pada biogas dalam menurunkan kadar CO₂ sebelum dan setelah dilakukan proses pemurnian. Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa larutan C-dots telah mengikat gas CO₂

yang terdapat pada biogas. Dari gambar pula dapat diamati bahwa konsentrasi terbaik untuk absorben CO₂ adalah 0,05 g/mL dengan keberhasilan pengurangan CO₂ paling besar sebanyak 40,3%.

KESIMPULAN

Pada hasil pengujian Biogas Analyzer untuk mengukur nilai CO₂ disimpulkan bahwa penurunan kadar CO₂ terbaik didapatkan pada konsentrasi C-Dots 0,05 g/ml dengan penurunan kadar CO₂ keseluruhan sebesar 54%. Nilai ini lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya yang berbahan kulit semangka 42,4 %; kulit mangga 49,4 %; kulit nanas 45,4%. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait pemanfaatan limbah yang memiliki kandungan selulosa tinggi sebagai bahan baku untuk pembuatan C-dots untuk pemurnian biogas.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Ahmed, A. F., Moahmed A, Abdel Naby. (2012). *Pretreatment and enzymic saccharification of water hyacinth cellulose. Carbohydrat Polymers*
- [2] Asmalah, Nur dan Sidna Kosim Amrulah. 2016. *Pemanfaatan Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Pembuatan Carbon Nanodots untuk Mendegradasi Limbah Zat Warna*. Bandung Barat: Politeknik Negeri Bandung.
- [3] Baruah, U., Gogoi, N., Konwar, A., Jyoti Deka, M., Chowdhury, D., & Majumdar, G. (2014). *Carbon Dot Based Sensing of Dopamine and Ascorbic Acid. Journal of Nanoparticles*, 2014, 1-8.
- [4] Coenen, T, Haegel, N, M. 2017. *Cathodoluminescence For The 21st Century : Learning More From Light*.
- [5] Ding, H., et al. 2013. *Luminescent Carbon Quantum Dots and Their Application In Cell Imaging*. NJC, 37,2525-2520.
- [6] Handika dan Rahmayati. 2015. *Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) dengan Metode Microwave*. Semarang: Universitas Negeri Semarang

- [7] Irwanto, M., 2017, *Studi Perbandingan Aktivitas Fotokatalitik ZnO Terdoping N (ZnO-N) dan ZnO Terdoping Ag (ZnO-Ag) yang Dideposisi di Atas Substrat Kaca dalam Proses Fotodegradasi Bakteri Coliform di Bawah Radiasi Cahaya UV*, Departemen Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [8] Irvani, S., H. Korbekandi, S.V. Mirmohammadi dan B. Zolfaghari, "Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods," *Research in Pharmaceutical Sciences*, 9(6): 385-406. 2013
- [9] Liu, Weijin, , Chun Li, Xiaobu Sun, Wei Pan, Guifeng Yu, and Jinping Wang. 2017. *Highly crystalline carbon dots from fresh tomato: UV emission and quantum confinement. IOP Publishing LTD Nanotechnology*. Vol 28
- [10] Nisa, A. K. 2014. *Sintesis Nanopartikel Karbon Berfluoresens* (Skripsi). Bogor: IPB
- [11] Zhai, Xinyun, Peng Zhang, Changjun Liu, Tao Bai. 2012. *Highly Luminescent Carbon Nanodots by Microwave-Assisted Pyrolysis*, *Chem. Commun.* 48: 7955-7957.