

## PEMBUATAN NANOKARBON DARI LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL

Nelson Silitonga<sup>1\*</sup>, Nurliana Tarigan<sup>1</sup>, Gimelliya Saragih<sup>3</sup>, Vivi Purwandari<sup>3</sup>, Ahmad Zukhruf Akbari<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mekanika, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Jalan Medan Tenggara VII, Medan 20228, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Jalan Medan Tenggara VII, Medan 20228, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains, dan Teknologi, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Jalan Kapten Muslim No.79, Medan 20123, Indonesia

<sup>4</sup>Jurusan Agribisnis Kelapa Sawit, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Jalan Medan Tenggara VII, Medan 20228, Indonesia

\*Corresponding author: [nelsonsilitonga@ptki.ac.id](mailto:nelsonsilitonga@ptki.ac.id)

**Abstrak.** Meningkatnya kesadaran tentang polusi telah menyebabkan pengembangan solusi untuk masalah lingkungan dengan memaksimalkan pemanfaatan biomassa yang berlimpah untuk pembuatan nanokarbon. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah padat kelapa sawit menjadi material yang memiliki nilai guna dan nilai ekonomis menjadi nanokarbon dan material yang berteknologi tinggi. nanokarbon yang berasal dari pelepah dan cangkang sawit yang dibuat melalui metode hidrotermal dengan 180°C selama 2 jam dengan pelarut air dan dilakukan metode ultrasonikasi selama 15 menit. Nanokarbon yang didapat dikarakterisasi menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR), X-Ray Difraktometer (XRD), dan Particle Size Analyzer (PSA). Dari hasil analisa gugus fungsi menggunakan FTIR telah menunjukkan gugus fungsi nanokarbon dan ditemukan perubahan ukuran partikel yang sangat signifikan dari proses sebelum dan sesudah proses hidrotermal, yaitu 895,2 nm menjadi 334,2 nm. Peningkatan volume pori dan luas permukaan partikel masing-masing sebesar 3,5% dan 63% setelah proses hidrotermal.

**Kata Kunci:** FT-IR, hidrotermal, limbah padat sawit, nanokarbon, XRD dan PSA

### 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kesadaran tentang polusi telah menyebabkan pengembangan solusi untuk masalah lingkungan dengan memaksimalkan pemanfaatan biomassa yang berlimpah untuk pembuatan nanokarbon (Rafatullah et al., 2013). Nano karbon merupakan material baru dengan

diameter kurang dari 10 nanometer, didalam dunia nanoteknologi yang sedang berkembang saat ini. Nano karbon memiliki sifat seperti mobilitas elektron yang tinggi, konduktivitas listrik yang tinggi, konduktivitas termal yang tinggi, sifat kimia yang mudah dimodifikasi dan kekuatannya yang sangat tinggi. Bahkan 200 kali

lebih kuat dari baja dan 20 kali lebih keras dari intan (Fahtia, 2018).

Analisis kimia pelepah sawit menunjukkan adanya komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin, yang menunjukkan bahwa pelepah sawit dapat diolah lebih lanjut menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai ekonomis. Lignin adalah material paling kuat dalam biomassa, tetapi sangat tahan terhadap degradasi biologis, enzimatis, dan kimiawi. Karena kandungan karbonnya yang relatif tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi (Sa'adah, 2010). Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu proses pengolahan limbah minyak sawit yang sangat penting, terhitung 60% dari produksi minyak. Cangkang sawit tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku untuk karbon aktif. Karbon aktif dapat digunakan dalam berbagai industri seperti minyak bumi, karet, gula dan industri farmasi (Faiz, 2015). Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dua proses utama yaitu proses karbonisasi bahan baku dan proses aktivasi bahan karbonisasi pada suhu tinggi, yaitu sekitar 500-700°C selama 4-5 jam (Fauziah, 2009). Metode hidrotermal dipilih karena relatif sederhana dan tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal. Selain itu, metode ini juga menawarkan beberapa keunggulan seperti pemanasan cepat, reaksi cepat, hasil yang sangat baik, kemurnian tinggi dan efisiensi konversi energi yang tinggi (Sadat-Shojai et al, 2011). Sintesis nanokarbon dengan menggunakan metode hidrotermal terdiri dari proses dehidrasi, polimerisasi dan karbonisasi bahan prekursor. Proses ini mengarah pada oksidasi prekursor, menghasilkan pembentukan inti karbon pada permukaan nanokarbon, menghasilkan

sifat luminescent intensitas tinggi (Liu et al., 2019). Metode hydrothermal sangat efektif dalam pembuatan nanokarbon. Dengan menggunakan proses pengurangan suhu termal, bahan karbon dikurangi untuk membentuk satu lapisan karbon (Kaur, Kaur and Sharma, 2018). Ini membuat metode ini lebih baik dalam mengontrol distribusi ukuran partikel karbon dan menghasilkan ukuran nano (S. Zhang dkk. 2018) Sintesis karbon mikrosfer dari tepung terigu menggunakan metode hidrotermal yang dilanjutkan dengan karbonisasi. Proses sintesis dilakukan dalam reaktor autoklaf pada suhu 180 °C selama 12 jam (Purwandari, 2022).

## **2. METODOLOGI**

### **Alat dan Bahan**

Adapun peralatan serta bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi alat-alat kaca arloji, neraca analitik, spatula, beaker glass, Cawan Porslen, ayakan 20 mesh, ayakan 80 mesh, oven, pengaduk magnetic Stirer, Maghnetic bar, ultrasonikasi, aluminium foil, botol semprot, pH meter, kertas saring, corong kaca, Furnance alat-alat gelas, panci aluminium, kompor, neraca analitik, oven, Autoclave Hydrothermal , Fourier Tranform Infrared (FTIR), X-Ray Difraktometer (XRD) dan Particle Size Analyzer (PSA), Selulosa Pelepah kelapa sawit, cangkang kelapa sawit, nanokarbon, Aquades, Aquabides, ethanoll 70%, Kalium hidroksida (KOH) (E.Merck), perekat membran keramik, kertas saring whatman No.41, pH universal.

### **Prosedur Penelitian**

Pelepah kelapa sawit dibelah dan dihancurkan hingga menjadi bubuk. Selanjutnya, bubuk pelepah yang telah dihaluskan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 101 °Celcius. Setelah

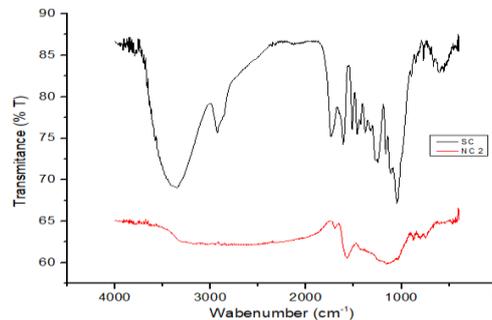
itu, saringan 80 mesh digunakan untuk menyaring bubuk pelepah. Cangkang sawit dicuci bersih dengan menggunakan air. Selanjutnya, cangkang sawit direndam menggunakan ethanol 70% selama 12 jam. Kemudian, dikeringkan dengan cara dimasukkan ke oven dengan suhu 105 ° C sampai kering. Cangkang yang telah kering dihancurkan dan di ayak menggunakan saringan 200 mesh. Cangkang sawit yang sudah dihaluskan dimasukkan ke dalam tanur dan dipanaskan selama tiga puluh menit hingga suhu 600 ° C. Cangkang sawit pada 600°C (C-600) kemudian diambil dari tanur dan dimasukkan ke dalam autoclave hidrotermal dengan 5g C-600. Kemudian ditambahkan aquades sebanyak 50 mL. Setelah itu, autoclave ditutup dan dimasukkan ke dalam oven selama dua jam pada suhu 180 ° C. Kemudian dikeluarkan dan dinginkan

di suhu kamar. Setelah itu, dimasukkan ke dalam botol kaca dan dilakukan ultrasonikasi selama lima belas menit. Selanjutnya, larutan dimasukkan ke dalam sentrifuge untuk menghasilkan endapan nanokarbon. Setelah itu, endapan nano karbon dikeringkan selama dua belas jam menggunakan oven yang bersuhu 105 ° C.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa FT-IR

Analisis spektrum serapan inframerah (IR) dapat menunjukkan perubahan gugus fungsi bahan sampel yang disebabkan oleh proses hidrotermal dan karbonisasi. Gambar 1 menunjukkan perbedaan gugus fungsi sampel karena proses karbonisasi dan hidrotermal, dengan Tabel 1 menunjukkan jumlah gelombang yang menyerap radiasi inframerah.



**Gambar 1.** Spektra FTIR Membran Keramik

Serbuk cangkang (SC) memiliki berbagai fungsi, termasuk OH, CH alifatik (dari CH dan CH), CH aromatik (dari berbagai substitusi cincin benzena), ikatan C=O (karbonil), ikatan CC dan C=C, dan

ikatan eter (CO). Banyak senyawa kimia pada SC yang mengandung gugus OH, seperti senyawa alkohol, memiliki ukuran gugus hidroksil yang berbeda.

**Tabel 1.** Penyerapan FTIR Nanokarbon Cangkang Kelapa Sawit.

Sampel	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
SC	3427	-OH Stretching
	2827	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> , -CH aldehyd stretching
	1730	-C=O Karboksil Streaching
	1609	-C=C- aromatic Streaching
	1427	-C-H Bending
	447	-C=C-H, Ar-H Bending
NC 2	1570	-C=C- aromatic Streaching
	1083	-C=C-H, Ar-H Bending

## **Nelson Silitonga et al / Pembuatan Nanokarbon Dari Limbah Padat Kelapa Sawit Menggunakan Metode Hidrotermal**

Antara gugus fungsi yang ditemukan pada NC1PFS adalah OH, CH dari metil (CH) dan metilen (CH), CH from struktur aromatik, dan CO. Bilangan gelombang 3402-3429 cm adalah area serapan gugus OH di mana intensitas SC tertinggi. Setelah proses karbonisasi dan hidrotermal, intensitas SC kemudian menurun. Terbentuknya senyawa aromatik ditunjukkan oleh penurunan intensitas serapan pada bilangan gelombang 2700–3500 cm (Khan et al., 2018). Senyawa ini termasuk dalam struktur kristal nanokarbon berbentuk heksagonal.

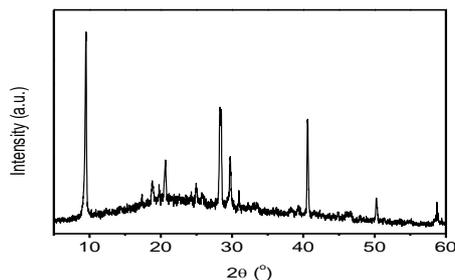
### **Analisa XRD**

Pola XRD nanokarbon dari cangkang sawit dengan bantuan hidrotermal selama dua jam pada suhu 180 derajat Celcius. Puncak nanokarbon memiliki

sudut  $2\theta=20.68^\circ$ . Persamaan Scherrer dapat digunakan untuk menghitung ukuran kristalin (D) nanokarbon:

$$D = 0,9 \lambda / \cos\theta$$

Dalam hal ini, panjang gelombang  $\text{CuK}\alpha$  ( $1.54 \text{ \AA}$ ) dan lebar penuh pada setengah maksimum (FWHM) masing-masing adalah  $\lambda$ . Kristal nanokarbon memiliki ukuran 7,33 nm. Jarak interplanar pada fasa  $20.68^\circ$  adalah  $3.55 \text{ \AA}$ , lebih besar dari jarak antara fasa (002) di grafit sebesar  $3.34 \text{ \AA}$ . Informasi tentang kemurnian sampel nanokarbon juga dapat diperoleh melalui penggunaan XRD. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknik hidrotermal yang menggunakan XRD dapat digunakan untuk menghitung kemurnian nanokarbon yang disintesis dari limbah padat kelapa sawit.



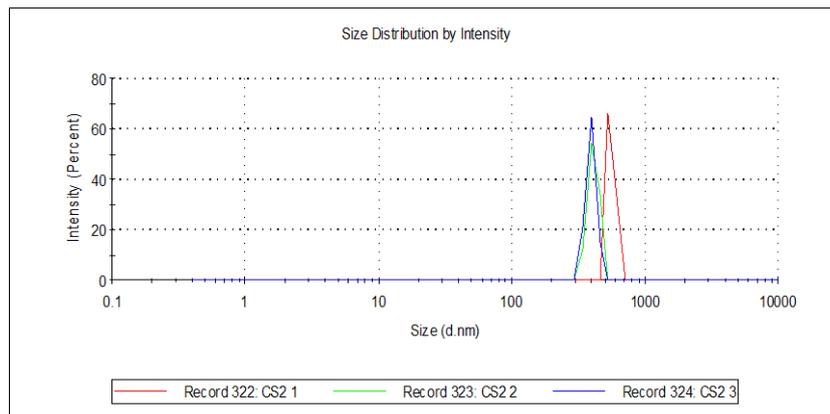
**Gambar 2.** Profil XRD Dari Nanokarbon Yang Disintesis Melalui Proses Hidrotermal.

Karena karbonisasi limbah padat kelapa sawit yang kurang sempurna, nanokarbon dari limbah ini tetap memiliki struktur amorf, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Pola XRD nanokarbon menunjukkan beberapa puncak pengotor atau impuritas. Penelitian sebelumnya dengan sumber asam sitrat juga menemukan hasil yang sebanding dengan struktur amorf nanokarbon ini (Hu et al., 2017)(Bhaisare et al., 2015).

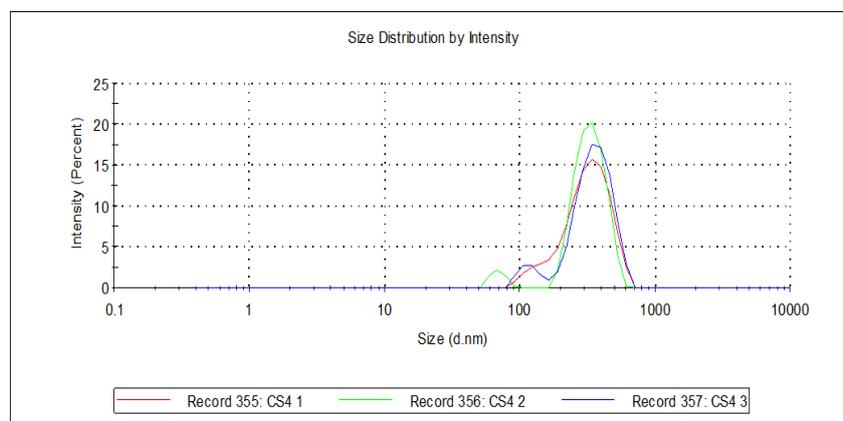
### **Analisa Ukuran Partikel Nanokarbon (PSA)**

Gambar 3 dan 4 menunjukkan distribusi ukuran partikel nanokarbon

yang dibuat dengan using pengukur ukuran partikel (PSA) dari larutan limbah padat kelapa sawit melalui proses hidrotermal. Ukuran partikel proses sebelum dan sesudah proses hidrotermal sangat berbeda, naik dari 895,2 nm menjadi 334,2 nm, seperti yang ditunjukkan pada gambar. Disebabkan oleh pengukuran diameter hidrodinamis nanokarbon, yang mengandung grup fungsional hidrofilis pada permukaan nanokarbon, partikel nanokarbon biasanya memiliki ukuran yang lebih besar (Yang, Li dan Wang, 2011).



**Gambar 3.** Distribusi Ukuran Partikel Dari Nanokarbon Yang Disintesis Dari Larutan Limbah Padat Kelapa Sawit Sebelum Perlakuan Proses Hidrotermal



**Gambar 4.** Distribusi Ukuran Partikel Dari Nanokarbon Yang Disintesis Dari Larutan Limbah Padat Kelapa Sawit Sesudah Perlakuan Proses Hidrotermal

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan mengenai Pembuatan Nanokarbon Dari Limbah Padat Kelapa Sawit Menggunakan Metode Hidrotermal dapat disimpulkan sebagai berikut:

- [1] Nanokarbon telah berhasil disintesis dengan proses hidrotermal pada suhu 180 °C dan temperature 2 jam.
- [2] Dari hasil analisa gugus fungsi menggunakan FTIR telah menunjukkan gugus fungsi nanokarbon dan ditemukan perubahan ukuran partikel yang sangat signifikan dari proses sebelum dan sesudah proses hidrotermal, yaitu 895,2 nm menjadi 334,2 nm. Peningkatan volume pori dan luas permukaan partikel masing-masing sebesar

3,5% dan 63% setelah proses hidrotermal.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan atas bantuan pendanaan serta fasilitas sarana penelitian yang telah disediakan.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Faiz, M.M.K. (2015). Pemanfaatan Produk Cair Hasil Pirolisis Sebagai Pelarut Perekat Pauda Biobriket Cungkang Kelapa Sawit. Tugas Akhir Politeknik Negeri Samarinda.
- Fathia, A. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Graphene Oxide

**Nelson Silitonga et all / Pembuatan Nanokarbon Dari Limbah Padat Kelapa Sawit Menggunakan Metode Hidrotermal**

- Terkombinasi Nanopartikel Perak dalam Fase Cair. *Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Fuziah, N. (2009). Pembuatan Anrang Aktif Secara Langsung Dari Kulit Acacia Mangium Wild Dengan Aktivasi Fisika Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Kaur, Manpreet, Kaur, Manmeet and Sharma, V. K. (2018) 'Nitrogen-doped graphene and graphene quantum dots: A review on synthesis and applications in energy, sensors and environment', *Advances in Colloid and Interface Science*, pp. 44–64. doi: 10.1016/j.cis.2018.07.001.
- Liu, Y. et al. (2019) 'Hydrothermal synthesis of nitrogen and boron co-doped carbon quantum dots for application in acetone and dopamine sensors and multicolor cellular imaging', *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 281, pp. 34–43. doi: 10.1016/j.snb.2018.10.075.
- Purwandari, V., & Tarigan, M. (2022). PREPARASI Film Nanokomposit Polivinil Alkohol (Pva)/Nanokarbon Dari Cangkang Buah Sawit (Nccs) Dengan Metode Pencampuran Larutan. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, 6(1), 11-16.
- Rafatullah, M., Ahmad, T., Ghazali, A., Sulaiman, O., Danish, M., & Hashim, R. (2013). Oil palm biomass as a precursor of activated carbons: a review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 43(11), 1117-1161.
- Sa'adah, Z., & Ika, S. (2010). *Produksi enzim selulase oleh Aspergillus niger menggunakan substrat jerami dengan sistem fermentasi padat* (Doctoral dissertation, Teknik Kimia).
- Sadat-Shojai, M., Atai, M., & Nodehi, A. (2011). Design of experiments (DOE) for the optimization of hydrothermal synthesis of hydroxyapatite nanoparticles. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22, 571-582.
- Zhang, G., Ge, R., Lin, T., Ye, H., Li, X., & Huang, N. (2018). Spatial apportionment of urban greenhouse gas emission inventory and its implications for urban planning: A case study of Xiamen, China. *Ecological Indicators*, 85, 644-656.
- Zhang, S. et al. (2018) 'High-Performance Supercapacitor of Graphene Quantum Dots with Uniform Sizes', *ACS Applied Materials and Interfaces*, 10(15), pp. 12983–12991. doi: 10.1021/acsami.8b00323