



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

## SERTIFIKAT PATEN SEDERHANA

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten Sederhana kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten : SENTRA KI UNNES  
Gedung Prof. Retno Sriningsih Satmoko  
Lantai 2 Kampus UNNES Sekaran, Gunungpati,  
Semarang, 51372

Untuk Invensi dengan Judul : METODE PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH KULIT PISANG KEPOK MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO

Inventor : Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.  
Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.

Tanggal Penerimaan : 22 Mei 2019

Nomor Paten : IDS000002863

Tanggal Pemberian : 24 Januari 2020

Perlindungan Paten Sederhana untuk invensi tersebut diberikan untuk selama 10 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 23 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten Sederhana ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari invensi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

## Deskripsi

**METODE PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH KULIT PISANG KEPOK  
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO**

5

**Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan karbon aktif dari kulit pisang kepok menggunakan gelombang mikro untuk adsorpsi zat warna kationik.

10

**Latar Belakang Invensi**

Adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan limbah cair mengandung kontaminan zat warna sintetis, yang sederhana dan mudah diaplikasikan. Dalam hal ini, interaksi antara kontaminan yang dijerap (adsorbat) dengan material penjerap (adsorben) menentukan efektivitas proses secara keseluruhan. Salah satu indikator adsorben yang baik adalah murah namun mempunyai kapasitas adsorpsi tinggi.

Konversi material berbasis limbah biomassa yang mengandung lignoselulosa menjadi karbon aktif yang mempunyai kapasitas adsorpsi tinggi telah banyak dikembangkan. Secara garis besar, sintesis karbon aktif meliputi proses karbonisasi yang merupakan konversi termal biomassa menjadi arang, serta proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan internal dan porositas. Pada invensi dalam paten No. US5416056A, proses aktivasi menggunakan aktivator  $H_3PO_4$  dan KOH, dengan pemanasan konvensional pada suhu  $980^\circ C$ , selama 45 menit. Namun, tingginya energi yang digunakan mengakibatkan harga karbon aktif yang dihasilkan menjadi mahal.

Dewasa ini, penggunaan gelombang mikro pada proses pembuatan karbon aktif merupakan alternatif yang menarik. Pemanasan dengan gelombang mikro bersifat internal dan volumetrik sehingga waktu proses lebih pendek, energi yang dibutuhkan lebih rendah dan ukuran pori lebih seragam sehingga tingkat selektivitas adsorben yang diperoleh menjadi lebih tinggi. Invensi tentang penggunaan gelombang mikro dalam sintesis karbon aktif telah dikemukakan oleh paten No.

CN1876566A, menggunakan material serbuk kayu, tongkol jagung, batang padi, dan sekam padi dengan aktivator  $ZnCl_2$ . Sementara pada paten No. CN102580679B menggunakan material berbasis tempurung kelapa dengan aktivator  $K_2CO_3$  dan KOH. Liew dkk. (2018) telah mempelajari sintesis karbon aktif dari limbah kulit pisang tanduk (*Musa paradisiaca*). Kulit pisang jenis ini mempunyai kandungan selulosa 67,5% dan lignin 8,8%. Sebagaimana diketahui, kombinasi antara komposisi lignin dan selulosa dalam material dengan jenis dan jumlah aktivator yang digunakan sangat berpengaruh terhadap struktur pori karbon aktif yang dihasilkan, dimana selanjutnya akan berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menjerap molekul tertentu. Dalam hal ini, Liew dkk. (2018) menggunakan aktivator campuran NaOH dan KOH dengan perbandingan 1:1 dan rasio impregnasi arang : NaOH-KOH = 1:1. Selain campuran NaOH-KOH, Liew dkk. juga telah menggunakan aktivator NaOH dengan dengan rasio impregnasi arang : NaOH = 1:1. Proses sintesis karbon aktif dilakukan secara bertahap, yaitu tahap pirolisis menggunakan oven gelombang mikro 700W, 20 menit dalam atmosfer  $N_2$  dengan laju alir 0,5 L/menit, serta tahap aktivasi menggunakan pemanasan gelombang mikro 700W, 10 menit.

Invensi ini menggunakan material berbasis limbah kulit pisang kepok (*Musa acuminata*) dalam sintesis karbon aktif, dengan aktivator natrium hidroksida (NaOH). Berbeda dengan kulit pisang tanduk, kulit pisang kepok mempunyai kandungan selulosa 38,60% dan lignin 12,40%. Perbedaan komposisi lignin dan selulosa pada pisang tanduk dan pisang kapok mengakibatkan perbedaan jumlah aktivator NaOH yang dibutuhkan untuk memperoleh ukuran pori yang diinginkan, dalam hal ini aplikasi ditujukan untuk menjerap zat warna kationik. Oleh karena itu, berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Liew dkk. (2018), rasio impregnasi pada invensi ini adalah arang : NaOH = 1:3. Tahap pirolisis tidak dilakukan dalam oven gelombang mikro namun dilakukan di tungku perapian (*furnace*) dengan suhu  $500^\circ C$  selama 2 jam, karena dapat menghasilkan kerangka pori yang lebih sempurna. Sementara, tahap aktivasi menggunakan pemanasan gelombang mikro 600W, 7 menit

dalam atmosfer  $N_2$  dengan laju alir 0,25 L/menit, untuk menurunkan kebutuhan energi dan membentuk pori yang lebih seragam.

### **Ringkasan Invensi**

5            Penggunaan pemanasan konvensional dalam pembuatan karbon aktif mengakibatkan harga karbon aktif menjadi mahal. Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah mengaplikasikan penggunaan gelombang mikro pada pembuatan karbon aktif berbasis limbah kulit pisang kepok dengan aktivator NaOH. Selain menurunkan kebutuhan energi, penggunaan gelombang mikro ini dapat menghasilkan pori yang lebih seragam sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi dan selektivitas terhadap zat warna kationik.

Metode pembuatan adsorben dari limbah kulit pisang kepok ini dilakukan melalui proses pencucian dan pengeringan terlebih dahulu. Kulit pisang kepok yang telah kering selanjutnya dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Serbuk yang digunakan adalah serbuk yang lolos ayakan tersebut. Selanjutnya, serbuk kulit pisang kepok dicuci kembali dengan akuades dan dipanaskan menggunakan oven pada suhu 105-110°C selama 24 jam, namun lebih disukai pada suhu 105°C selama 24 jam. Tahapan selanjutnya adalah proses karbonisasi yang dilakukan menggunakan tungku perapian (*furnace*) dengan suhu 490-510°C selama 2 jam, namun lebih disukai pada suhu 500°C selama 2 jam, untuk menghasilkan arang. Arang yang dihasilkan selanjutnya dicampur dengan NaOH dengan rasio massa NaOH: arang = 3:1 dan 10 mL akuades. Proses ini disebut impregnasi dan dilakukan selama 2 jam, dengan sekali-kali dilakukan pengadukan. Setelah 2 jam, arang terimpregnasi selanjutnya dipanaskan menggunakan oven pada suhu 125-135°C selama 4 jam, namun lebih disukai pada suhu 130°C selama 4 jam. Selanjutnya, proses kalsinasi dilakukan pada aplikator gelombang mikro (*microwave oven*) dengan frekuensi 2,45 GHz, 600W selama 7 menit, dengan aliran gas  $N_2$  dengan laju alir 0,25 L/menit. Karbon aktif yang diperoleh kemudian dicuci dengan HCl 0,1 N dan akuades berulang kali hingga pH larutan 7, dan dikeringkan pada oven dengan suhu 105-110°C selama 60 menit,

namun lebih disukai pada suhu 110°C selama 60 menit. Adsorben dari kulit pisang kepok termodifikasi ini mempunyai luas permukaan spesifik 247,864 m<sup>2</sup>/g.

## 5 Uraian Singkat Gambar

Gambar 1 menunjukkan morfologi permukaan karbon berbasis limbah kulit pisang kepok sebelum proses aktivasi, dengan perbesaran 1000x. Pada permukaan karbon sudah terlihat adanya kerangka pori, namun sebagian besar pori terlihat masih tertutup oleh kotoran dan tar yang terbentuk selama proses karbonisasi.

Gambar 2 menunjukkan morfologi permukaan karbon setelah proses aktivasi menggunakan NaOH dengan perbesaran 1000x. Pada gambar tersebut terlihat bentuk pori yang lebih terbuka dengan ukuran seragam. Distribusi ukuran pori yang lebih seragam ini memberikan tingkat selektivitas yang lebih tinggi pula terhadap molekul zat warna kationik yang akan dijerap.

## Uraian Lengkap Invensi

Sebagaimana telah dikemukakan pada latar belakang invensi bahwa kapasitas adsorpsi suatu adsorben sangat dipengaruhi oleh luas permukaan spesifik dan keseragaman ukuran pori. Kombinasi penggunaan aktivator NaOH dengan pemanasan gelombang mikro merupakan alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi.

Metode pembuatan karbon aktif dari limbah kulit pisang kepok dimulai dengan tahap preparasi bahan terlebih dahulu. Kulit pisang kepok yang telah dicuci dan dikeringkan selanjutnya dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk. Serbuk kulit pisang kepok kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh, dimana serbuk yang digunakan adalah serbuk yang lolos ayakan tersebut. Pengayakan ini bertujuan untuk menyamakan ukuran sehingga transfer panas pada proses karbonisasi lebih efektif. Selanjutnya, serbuk kulit pisang kepok dicuci kembali dengan akuades berulang kali hingga larutan terlihat jernih, kemudian disaring dan dipanaskan pada suhu 105-110°C selama 24 jam menggunakan oven, namun lebih disukai pada suhu

105°C selama 24 jam. Pemanasan ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan air pada serbuk kulit pisang kepek yang dapat menurunkan efisiensi proses karbonisasi.

5 Tahapan selanjutnya adalah proses karbonisasi yang merupakan proses konversi termal serbuk kulit pisang kepek menjadi arang. Proses ini dilakukan pada tungku perapian dengan suhu 490-510°C selama 2 jam, namun lebih disukai pada suhu 500°C selama 2 jam.

10 Tahap selanjutnya adalah proses impregnasi, dimana arang yang telah dihasilkan dicampur dengan natrium hidroksida (NaOH) dengan rasio massa arang: NaOH = 1:3 dan 10 mL akuades. Proses impregnasi dilakukan selama 2 jam, dengan sekali-kali dilakukan pengadukan. Setelah 2 jam, arang terimpregnasi selanjutnya dikeringkan pada oven pada suhu 125-135°C selama 4 jam, namun lebih disukai pada suhu 130°C selama 4 jam. Pada proses impregnasi ini terjadi difusi ion Na<sup>+</sup> ke dalam arang, dimana Na<sup>+</sup> ini nantinya berfungsi sebagai cetakan (*template*) terhadap pori yang terbentuk.

15 Setelah proses impregnasi, selanjutnya dilakukan proses kalsinasi pada aplikator gelombang mikro, dengan tujuan mengeluarkan kembali dengan ion Na<sup>+</sup> dari tumpukan arang sehingga terbentuk pori yang lebih besar. Proses kalsinasi dilakukan pada kondisi frekuensi gelombang mikro 2,45 GHz, daya 600W selama 7 menit, disertai aliran gas N<sub>2</sub> dengan laju alir 0,25 L/menit. Karbon aktif yang diperoleh kemudian dicuci dengan larutan HCl 0,1 N dan akuades berulang kali hingga pH larutan 7, dan dipanaskan pada oven dengan suhu 105-110°C selama 60-90 menit, namun lebih disukai pada suhu 110°C selama 60 menit. Perubahan morfologi permukaan arang sebelum dan setelah serangkaian proses aktivasi terlihat pada Gambar 1 dan 2. Gambar 1 menunjukkan morfologi arang sebelum proses aktivasi, dimana pori arang terlihat masih banyak yang tertutup oleh pengotor dan tar yang terbentuk pada proses karbonisasi. Sementara pada Gambar 2 yang merupakan morfologi permukaan karbon aktif dengan aktivator NaOH dan pemanasan gelombang mikro, terlihat bentuk pori yang lebih terbuka dan seragam. Proses aktivasi ini meningkatkan luas permukaan

spesifik dari 10,946 menjadi 247,864 m<sup>2</sup>/g dan mampu menyerap zat warna kationik hingga 98% pada pH 10 dan waktu adsorpsi 180 menit.

**Klaim**

1. Metode pembuatan karbon aktif dari kulit pisang kepok dilakukan dengan tahapan:
  - a. mengayak serbuk kulit pisang kepok kering menggunakan ayakan 100 mesh, dimana material yang digunakan adalah serbuk kulit pisang kepok yang lolos ayakan 100 mesh;
  - b. mencuci serbuk kulit pisang kepok yang telah lolos ayakan 100 mesh menggunakan akuades hingga larutan jernih;
  - c. memanaskan serbuk kulit pisang kepok yang telah dicuci menggunakan oven pada suhu 105-110°C selama 24 jam;
  - d. melakukan proses karbonisasi serbuk kulit pisang kepok yang telah dicuci dan dikeringkan pada tungku perapian dengan suhu 490-510°C selama 2 jam untuk menghasilkan arang;
  - e. mengimpregnasi arang melalui pencampuran dengan NaOH dengan rasio massa arang: NaOH = 1:3 dan 10 mL akuades selama 2 jam dengan sekali-kali dilakukan pengadukan untuk menghasilkan arang terimpregnasi;
  - f. memanaskan arang terimpregnasi pada oven pada suhu 125-135°C selama 4 jam untuk menghasilkan arang terimpregnasi kering;
  - g. memanaskan arang terimpregnasi kering pada aplikator gelombang mikro dengan frekuensi 2,45 GHz, 600W selama 7 menit, disertai aliran gas N<sub>2</sub> dengan laju alir 0,25 L/menit untuk menghasilkan karbon aktif;
  - h. mencuci karbon aktif yang diperoleh pada langkah (g) dengan HCl 0,1 N dan akuades berulang kali hingga pH larutan 7 untuk menghasilkan karbon aktif bersih; dan
  - i. mengeringkan karbon aktif bersih menggunakan oven dengan suhu 105-110°C selama 60-90 menit untuk menghasilkan karbon aktif bersih dan kering yang siap digunakan untuk adsorpsi zat warna kationik.
2. Metode pembuatan karbon aktif dari kulit pisang kepok sesuai dengan klaim 1, dimana suhu dan waktu pengeringan pada tahapan c) adalah suhu 105°C selama 24 jam;

3. Metode pembuatan karbon aktif dari kulit pisang kepok sesuai dengan klaim 1, dimana suhu dan waktu proses karbonisasi di *furnace* pada tahapan d) adalah suhu 500°C selama 2 jam;
4. Metode pembuatan karbon aktif dari kulit pisang kepok sesuai dengan klaim 1, dimana suhu dan waktu pemanasan pada tahapan f) adalah suhu 130°C selama 4 jam;
5. Metode pembuatan karbon aktif dari kulit pisang kepok sesuai dengan klaim 1, dimana suhu pada suhu dan waktu pengeringan pada tahapan i) adalah 110°C selama 60 menit.

10

15

20

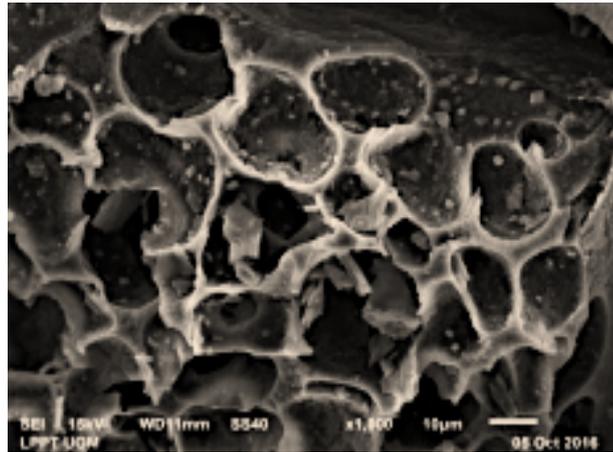
25

30

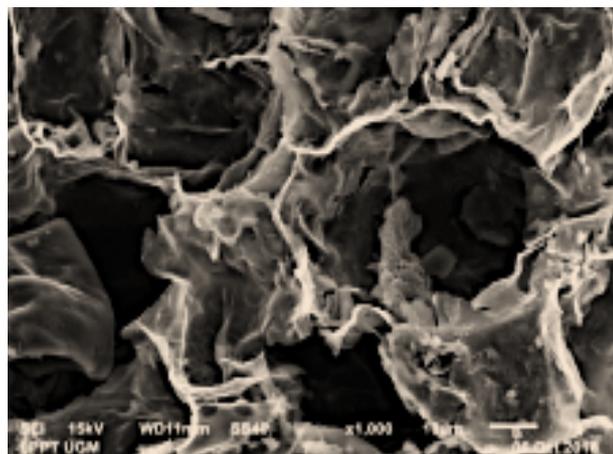
Abstrak**METODE PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH KULIT PISANG KEPOK  
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO**

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan karbon aktif dari limbah kulit pisang kepok untuk menjerap zat warna kationik dalam limbah cair industri. Metode pembuatan karbon aktif meliputi proses pengayakan dan pencucian serbuk kulit pisang kepok, pengeringan pada suhu 105°C selama 24 jam, proses karbonisasi pada suhu 500°C selama 2 jam, proses impregnasi menggunakan NaOH dengan rasio massa NaOH: arang = 3:1 dan 10 mL akuades selama 2 jam, proses pemanasan pada suhu 130°C selama 4 jam, proses kalsinasi menggunakan aplikator gelombang mikro dengan frekuensi 2,45 GHz, 600W selama 7 menit dan dialiri gas N<sub>2</sub> dengan laju alir 0,25 L/menit, proses pencucian dengan larutan HCl 0,1 N dan akuades berulang kali hingga pH larutan 7, serta proses pengeringan kembali menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 60 menit. Karbon aktif berbasis limbah kulit pisang kepok ini mempunyai luas permukaan spesifik 247,864 m<sup>2</sup>/g.



**Gambar 1**



**Gambar 2**