

### Deskripsi

## METODE PEMBUATAN GRANUL DARI SERBUK KARBON, PRODUK KARBON GRANUL ADSORBEN, DAN PENGGUNAANNYA

5

### **Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan karbon berstruktur pitanano yang disebut karbon pitanano (carbon nanoribbons), grafen pitanano (*graphene nanoribbons*), grafit pitanano (*graphite nanoribbons*) atau karbon lembaran-nano (*carbon nanosheets*) dibuat dari serbuk biomassa dan penerapannya sebagai bahan kontaktor adsorben gas CO<sub>2</sub>.

10

### **Latar Belakang Invensi**

Bahan bakar minyak, batubara dan gas merupakan sumber daya energi utama yang menyediakan lebih dari 90 persen dari permintaan energi global. Dilain sisi, konsumsi bahan bakar fosil merupakan sumber utama dari karbon dioksida gas rumah kaca, dan karbon dioksida yang diduga memainkan peran penting dalam pemanasan global. Ada teknologi menangkap CO<sub>2</sub> yang sangat mahal dan memerlukan energi yang cukup besar. Selain itu, keberadaan O<sub>2</sub> dan bahan pengotor lainnya dapat menyebabkan korosi. Penemuan yang menyangkut aplikasi adsorben selanjutnya mempertimbangkan biaya dan inefisiensi. Beberapa paten yang terkait dengan adsorben CO<sub>2</sub> adalah sebagai berikut dokumen WO2015191962A1 memuat penyediaan adsorben CO<sub>2</sub> dari bahan zeolit, namun zeolit memiliki distribusi ukuran pori yang cukup lebar sehingga mengurangi kemampuannya dalam mengikat CO<sub>2</sub>. Paten

15  
20  
25

US20170113184A1 memuat informasi tentang metode pengurangan CO<sub>2</sub> dari udara menggunakan penyerap silika berpori. Paten ini lebih menekankan kepada metode yang diterapkan. Suatu usulan paten pengurangan CO<sub>2</sub>, dimuat dalam dokumen nomor 10,654,025; yaitu  
5 tentang adsorben berbasis senyawa amina. Senyawa amina mengikat secara kimia CO<sub>2</sub>, lebih lanjut, reaksi produk adsorpsi dengan oksigen menyebabkan adsorben terdekomposisi.

Penggunaan pelarut berbasis amina pelarut menunjukkan kemampuan tinggi dalam penyerapan CO<sub>2</sub> dikarenakan keberadaan  
10 interaksi gugus amina dengan CO<sub>2</sub> yang cukup baik. Lebih lanjut, penyerapan CO<sub>2</sub> oleh gugus amina disebabkan karena sifat ionik cairnya. Namun pembuatan adsorben dengan karakter amina tersebut memerlukan waktu yang cukup lama. Kinerja adsorben berbasis amina ini sendiri hanya terbatas pada temperatur ruang.

Sejumlah teknik dapat digunakan untuk pemisahan CO<sub>2</sub> dari aliran bahan bakar gas. Pemisahan skala besar CO<sub>2</sub> oleh adsorben (bahan penyerapan) adalah operasi komersial yang digunakan di seluruh dunia. Teknik lain ada yang bisa dipertimbangkan untuk aplikasi yang berhubungan dengan energi, seperti pemisahan  
20 cryogenic, pemisahan membran dan proses adsorpsi termasuk tekanan adsorpsi (PSA), vakum ayunan adsorpsi (VSA) dan suhu ayunan adsorpsi (TSA). Tekanan ayunan adsorpsi cocok untuk mengeliminasi CO<sub>2</sub> dari setiap bahan bakar gas panas. Proses PSA dapat dioperasikan pada suhu tinggi untuk menghilangkan sebagian  
25 besar CO<sub>2</sub>, sehingga mengatasi kebutuhan untuk mendinginkan bahan bakar gas untuk suhu ambien sebelum mengeliminasi CO<sub>2</sub>.

Kebanyakan adsorben adalah bahan- bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori - pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Bahan adsorben

untuk CO<sub>2</sub> termasuk adsorben berbasis karbon, zeolit dan sorbents logam oksida pada suhu tinggi.

### **Uraian Singkat Invensi**

5 Untuk mengaplikasikan karbon sebagai adsorben dilakukan dengan cara membentuknya menjadi granul dengan menggunakan bahan pengikat (binder) yang mengandung gugus amina seperti poli-anilin, polipirol, polialilamin, polietilenimin, atau kombinasi polimer - polimer tersebut.

10 Untuk mencapai tujuan tersebut, oleh karena itu sasaran utama invensi ini adalah menyediakan metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu yang terdiri dari dari:  
melakukan *pretreatment* hidrotermal terhadap serbuk kulit kayu di dalam reaktor atau wadah tertutup rapat pada temperatur 180 -  
15 200 °C, tekanan maksimal 30 bar, secara opsional menggunakan katalis basa atau asam selama 16 jam untuk menghasilkan serbuk torefaksi;  
mendinginkan serbuk torefaksi sampai mencapai temperatur ruang;  
mempirolysis serbuk torefaksi dalam tungku gelombangmikro  
20 (*microwave*) temperatur tinggi 400 - 1200 C untuk menghasilkan karbon;  
mencampur karbon dengan bahan polimer termoplastik dengan rasion karbon:polimer termoplastik 5:1 untuk menghasilkan granul adsorben CO<sub>2</sub>.

25

Sasaran kedua invensi ini adalah menyediakan Karbon granul adsorben yang mengandung polimer termoplastik dengan luas permukaan berkisar 1000 - 5000 m<sup>2</sup>/g.

30 Sasaran ketiga invensi ini adalah penggunaan karbon granul sebagai adsorben gas.

### **Uraian Singkat Gambar**

Gambar 1 menunjukkan diagram alir pembuatan granul adsorben.

Gambar 2 menunjukkan produk berupa granul adsorben.

5

### **Uraian Lengkap Invensi**

Biomassa yang sesuai untuk karbon berstruktur lembaran / pita nano dapat diambil dari sumber lignoselulosa - hemiselulosa - selulosa yang memiliki pori seperti, kulit batang kayu gelam  
10 (*Melaleuca cajuputi*), kulit batang kayu putih (*Melaleuca leucadendron*), *Melaleuca styphelioides*, kulit batang maple (*Acer griseum*), kulit batang jarak (*Jatropha*), kulit batang gum Indonesia (*Eucalyptus deglupta*), kulit batang jambu biji (*Psidium guajava*) dan kulit batang singkong (*Manihot*  
15 *esculenta*).

Pembuatan karbon pita nano dilakukan dengan tiga tahap, yaitu tahap perlakuan awal (*pretreatment*), pendinginan dan tahap pirolisis. Pada tahap perlakuan awal, kulit batang kayu dibersihkan dengan air bersih dan dilumatkan tanpa atau dengan  
20 bantuan sedikit air pada mesin pelumass listrik seperti blender sehingga terbentuk serbuk. Serbuk kulit batang kayu kemudian dikering anginkan dan disaring dengan menggunakan ayakan 100 mesh. Serbuk kayu yang telah kering dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal dengan atau tanpa penambahan katalis seperti KOH,  
25 NaOH, asam sitrat, asam oksalat dan asam borat. Reaktor dan isinya dipanaskan pada sampai temperatur 180 - 200 °C di dalam oven listrik sehingga tekanan dalam reaktor hidrotermal mencapai 30 bar. Setelah 16 jam, reaktor didinginkan sampai mencapai temperatur kamar. Tekanan yang tersisa dalam reaktor dibuang

dengan cara membuka katup gas buangan secara perlahan. Serbuk yang dihasilkan merupakan berwarna kecoklatan yang disebut material *torrefaction*. Serbuk kemudian dikeluarkan dari reaktor dan ditempatkan dalam desikator untuk kemudian dilakukan proses pirolisis.

Pada tahap pirolisis, material torrefaksi dimasukkan ke dalam tanur (*furnace*) baik tanur listrik konvensional maupun tanur gelombang mikro (*microwave*) yang tertutup sehingga udara tidak dapat masuk ke tanur selama proses pirolisis berlangsung. Khusus untuk pirolisis gelombang mikro digunakan bahan penyerap gelombang mikro yang berfungsi untuk meningkatkan temperatur puncak yang terjadi dalam tungku. Dengan menggunakan pirolisis gelombang mikro, untuk mencapai temperatur minimal 400 - 1200 °C, paling tidak dibutuhkan waktu kontak selama 30 menit dan perbandingan karbon dan penyerap sebesar 4:1.

Berdasarkan pengamatan SEM-EDX, ketebalan lembaran karbon pitanano dari kulit kayu batang mengandung setidaknya 99,28% karbon dan oksida permukaan. Dibandingkan dengan karbon pita yang dibuat dari grafit dengan menggunakan campuran asam sulfat kuat pekat, kalium permanganat, hidrogen peroksida (metode Hemmett) yang memiliki ketebalan 5-10 nm, karbon pitanano kulit batang kayu memiliki ketebalan 10-15 nm.

Spektrum FTIR untuk karbon berlembaran nano yang diperoleh dengan perlakuan hidrotermal dan perlakuan dengan katalis basa relatif memungkinkan ketiga jenis ikatan rangkap dua dari karbon tetapi masih memiliki karakter ikatan -OH (hidroksil) dari -COOH (karboksil) dan air bebas.

Untuk menentukan luas permukaan (SA), volum pori mikro ( $V_m$ ) dan total volum pori ( $V_t$ ) karbon berstruktur lembaran nano digunakan data nilai bilangan iodine (IN) dan bilangan metilen

biru (MBN). Luas permukaan, volume pori mikro, dan volume pori total dihitung dengan menggunakan persamaan 1, 2 dan 3. Hasil perhitungan menunjukkan nilai SA, Vm dan Vt, masing-masing berkisar  $600 - 2000 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ ;  $0,550 - 1 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$  dan  $1 - 1,5 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$ .

$$5 \quad S_{(\text{m}^2 \text{g}^{-1})} = 2.28 \times 10^2 - 1.01 \times 10^{-1} \text{ MBN} + 3.00 \times 10^{-1} \text{ IN} + 1.05 \times 10^{-4} \text{ MBN}^2 + 2.00 \times 10^{-4} \text{ IN}^2 + 9.38 \times 10^{-4} \times \text{MBN} \times \text{IN} \quad (1)$$

$$V_{\text{m}(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})} = 5.60 \times 10^{-2} - 1.00 \times 10^{-3} \text{ MBN} + 1.55 \times 10^{-4} \text{ IN} + 7.00 \times 10^{-6} \text{ MBN}^2 + 1.00 \times 10^{-7} \text{ IN}^2 - 1.18 \times 10^{-7} \text{ MBN IN} \quad (2)$$

$$V_{\text{t}(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})} = 1.37 \times 10^{-1} + 1.90 \times 10^{-3} \text{ MBN} + 1.00 \times 10^{-4} \quad (3)$$

10 Pengaplikasian karbon lembaran nano sebagai adsorben dilakukan dengan cara membentuknya menjadi pelet dengan menggunakan bahan pengikat (*binder*) yang mengandung gugus amina seperti poli-aniline, polipirol, polialilamin, polietileneimin, atau kombinasi polimer - polimer tersebut. Pelet dibuat dengan  
15 mencampurkan karbon dan bahan polimer dengan perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan aktif permukaan, seperti trietanolamin, etilenglikol. Campuran ini dihaluskan dan dimasukkan ke dalam cetakan untuk kemudian dicetak menggunakan alat press dengan beban seberat minimal 4 ton dan dipanaskan  
20 pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 30 menit dan kemudian didinginkan. Pelet kemudian dapat dipasangkan dalam modul kontaktor, yaitu untuk aplikasi adsorpsi  $\text{CO}_2$ .

Emisi  $\text{CO}_2$  adalah salah satu gas rumah kaca utama, telah meningkat kekhawatiran besar tentang hubungan antara  $\text{CO}_2$   
25 antropogenik dan pemanasan global; emisi  $\text{CO}_2$  mungkin telah berkontribusi terhadap kabut asap perkotaan, hujan asam, dan masalah kesehatan. Dalam skenario lain (misalnya, kapsul ruang angkasa, kapal selam, lingkungan penambangan bawah tanah, atau peralatan pernapasan sirkuit tertutup),  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan oleh

penghuni sistem ekologi tertutup harus dihilangkan dari udara. Oleh karena itu, penghilangan CO<sub>2</sub> sangat penting. Akibatnya, berbagai metode telah dipelajari dan dipatenkan untuk menghilangkan dan memisahkan CO<sub>2</sub> dari limbah industri dan gas tambang, dari udara, dan dari gas yang dihasilkan oleh metabolisme hewan, seperti pernapasan manusia.

Pembanding pembuatan material adsorben adalah seperti yang dilakukan oleh Kunihiro dan Michiomi pada paten EP1342497. Paten tersebut menjelaskan cara metoda rapid pressure swing adsorption (RPSA) yang menggunakan material karbon sebagai adsorben. Keberadaan tekanan yang dihasilkan dari alat pembangkit tekanan menyebabkan proses adsorpsi membutuhkan alat tambahan.

Modul kontaktor dengan adsorben CO<sub>2</sub> dijelaskan dalam paten CA2691549C, dimana suatu kontaktor adsorpsi CO<sub>2</sub> berbasis serat, terdiri dari: sebuah ruangan yang terdiri dari: saluran masuk aliran umpan; outlet aliran umpan; saluran masuk fluida perpindahan panas; outlet cairan perpindahan panas; sejumlah serat berongga yang pada dasarnya disejajarkan, dimana masing-masing serat berongga terdiri dari sejumlah jalur berliku-liku, dimana jalur berliku-liku berada dalam komunikasi fluida dengan saluran masuk aliran umpan dan saluran keluar aliran umpan;

**Klaim**

1. Metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu yang terdiri dari dari:

melakukan *pretreatment* hidrotermal terhadap serbuk kulit kayu di dalam reaktor atau wadah tertutup rapat pada temperatur 180 - 200 °C, tekanan maksimal 30 bar, secara opsional menggunakan katalis basa atau asam selama 16 jam untuk menghasilkan serbuk torefaksi;

mendinginkan serbuk torefaksi sampai mencapai temperatur ruang;

mempirólisis serbuk torefaksi dalam tungku gelombangmikro (*microwave*) temperatur tinggi 400 - 1200 C untuk menghasilkan karbon;

mencampur karbon dengan bahan polimer termoplastik dengan rasio karbon:polimer termoplastik 5:1 untuk menghasilkan granul adsorben CO<sub>2</sub>.

2. Metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu sesuai dengan dengan klaim 1, dimana bahan karbon tersebut berstruktur pita berukuran mikro.

3. Metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu sesuai dengan dengan klaim 1, dimana polimer termoplastik dipilih dari polytetrafluoroethylene (Teflon).

4. Metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu sesuai dengan dengan klaim 1, dimana polimer termoplastik dipilih dari polyamida.



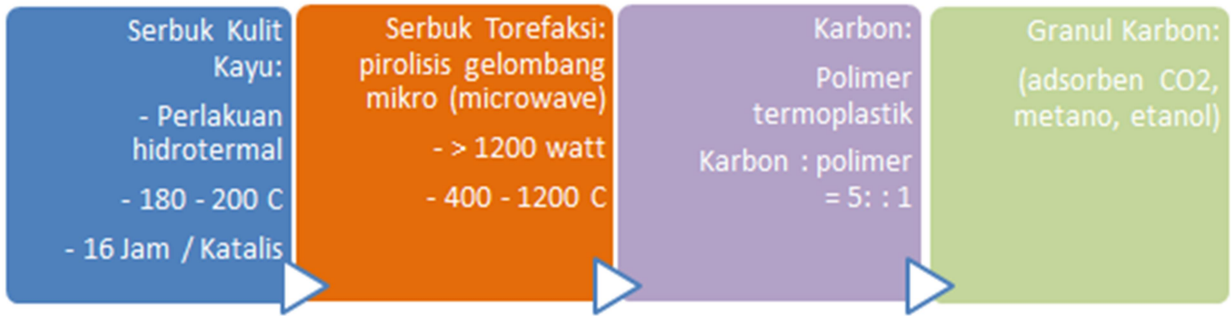
5. Metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu sesuai dengan dengan klaim 1, dimana polimer termoplastik dipilih dari polyvinylidene fluoride.
- 5 6. Metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu sesuai dengan dengan klaim 1, dimana polimer termoplastik dipilih dari polyvinyl chloride.
- 10 7. Karbon granul adsorben yang mengandung polimer termoplastik dengan luas permukaan berkisar 1000 - 5000 m<sup>2</sup>/g
8. Karbon granul adsorben yang sesuai dengan klaim 7 yang digunakan sebagai penyerap CO<sub>2</sub>.
- 15 9. Karbon granul adsorben yang sesuai dengan klaim 7 yang digunakan sebagai penyerap metanol.
10. Karbon granul adsorben yang sesuai dengan klaim 7 yang digunakan sebagai penyerap etanol.

**Abstrak**METODE PEMBUATAN GRANUL DARI SERBUK KARBON, PRODUK KARBON  
GRANUL ADSORBEN, DAN PENGGUNAANNYA

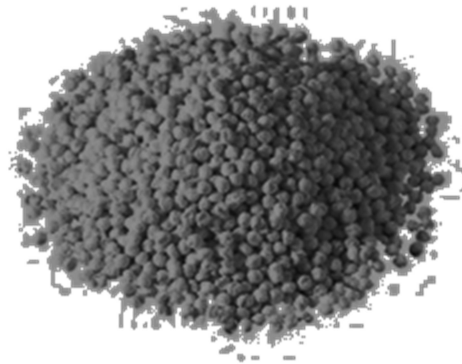
5

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan karbon berstruktur pitanano / lembaran nano yang disebut karbon pitanano (*carbon nano ribbons*), grafen pitanano (*graphene nanoribbons*), grafit pitanano (*graphite nanoribbons*), karbon lembaranano (*carbon nanosheet*) dibuat dari serbuk kulit kayu. Paten yang diajukan ini mengandung invensi, yaitu metode pembuatan karbon berstruktur lembaran nano / pita nano yang dapat diaplikasi sebagai adsorben CO<sub>2</sub> dalam modul kontaktor gas.

Metode pembuatan karbon dari serbuk kulit kayu yang terdiri dari dari: melakukan pretreatment hidrotermal terhadap serbuk kulit kayu di dalam reaktor atau wadah tertutup rapat pada temperatur 180 - 200 °C, tekanan maksimal 30 bar, secara opsional menggunakan katalis basa atau asam selama 16 jam untuk menghasilkan serbuk torefaksi; mendinginkan serbuk torefaksi sampai mencapai temperatur ruang; mempirolisis serbuk torefaksi dalam tungku gelombang mikro (microwave) temperatur tinggi 400 - 1200 C untuk menghasilkan karbon; mencampur karbon dengan bahan polimer termoplastik dengan rasion karbon:polimer termoplastik 5:1 untuk menghasilkan granul adsorben CO<sub>2</sub>. Pelet kemudian dapat dipasang dalam modul kontaktor.



Gambar 1



5

Gambar 2