

**M8-17 Peningkatan kualitas Karbon Aktif Sebagai Adsorben  
dari Batubara Riau melalui Proses Oksidasi**

**Bambang Suryawan, Awaludin Martin, M. Idrus Alhamid, Nasruddin, Magribi**

Laboratorium Pendingin dan Pengkondisian Udara  
Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Depok, Jawa Barat  
E-mail : suryawan@eng.ui.ac.id

**Abstrak**

*Konsumsi karbon aktif dunia yang terus mengalami peningkatan menyebabkan semakin berkembangnya penelitian tentang produksi karbon aktif dari berbagai macam bahan dasar. Penelitian ini adalah kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang bertujuan meningkatkan kualitas karbon aktif berbahan dasar batubara Riau melalui proses oksidasi dengan mengalirkan gas  $O_2$  pada temperatur  $300\text{ }^\circ\text{C}$  dilanjutkan dengan proses aktivasi dengan mengalirkan gas  $CO_2$  pada temperatur  $950\text{ }^\circ\text{C}$ . Proses oksidasi yang dilakukan sebelum batubara di aktivasi akan menambah persentasi kandungan unsur oksigen pada batubara dengan demikian akan meningkatkan perbandingan unsure oksigen dan carbon pada batubara tersebut. Pada penelitian sebelumnya diperoleh burn off maksimum sebesar 47.93% dengan angka iodine (iodine number) sebesar 109 gr/kg, penelitian ini menghasilkan nilai burn off sampai dengan 71.88 % dengan angka iodine sebesar 589.1gr/kg.*

*Kata kunci : Karbon aktif, burn off, angka iodine*

**Pendahuluan**

Konsumsi karbon aktif dunia terus mengalami peningkatan, hal tersebut dikarenakan karbon aktif adalah salah satu material yang sangat penting yang digunakan pada sistem penyerapan (adsorption system) seperti pada sistem penjernihan air, sistem penyerapan limbah, sebagai katalis reaksi, gas storage (penyimpan gas), sistem pendingin, pemurnian gas alam dan lain-lain (Marsh, Harry and Francisco Rodriguez-Reinoso, 2006).

Karbon aktif didefinisikan sebagai karbon aktif yang efektif jika memiliki luas permukaan paling tidak  $5\text{ m}^2/\text{gr}$ , namun untuk karbon aktif yang digunakan pada dunia industri luas permukaan karbon aktif bisa di atas  $2000\text{ m}^2/\text{gr}$  (Rouquerol, Jean, dkk, 1998). Yang, Ralph. T, 2003 dalam bukunya menyatakan bahwa karbon aktif memiliki luas permukaan dari  $300\text{ m}^2/\text{gr}$  sampai dengan  $4000\text{ m}^2/\text{gr}$ .

Bahan dasar karbon aktif adalah seluruh material yang memiliki unsur karbon, seperti kayu, kulit kacang, tulang, cangkang kelapa, cangkang kelapa sawit, batubara dan lain-lain (Marsh, Harry and Francisco Rodriguez-Reinoso, 2006). Prosedur pembuatan karbon aktif pada dasarnya terdiri atas: preparasi bahan dasar, karbonisasi dan aktivasi fisika atau aktivasi kimia (Yang, Ralph. T, 2003).

Penelitian ini adalah penelitian lanjutan yang bertujuan meningkatkan kualitas karbon aktif berbahan dasar batubara Riau melalui proses oksidasi yang dilanjutkan dengan proses aktivasi, dimana pada penelitian sebelumnya karbon aktif diproduksi melalui proses karbonisasi dengan mengalirkan gas Nitrogen (N<sub>2</sub>) 80 ml/menit dan dilanjutkan dengan proses aktivasi selama 60-180 menit dan menghasilkan nilai *burn off* maksimum sebesar 47.93% (Alhamid, M. Idrus, dkk, 2008).

## Metode Penelitian

### Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah batubara dari Riau dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Inherent Moisture: 5.59 %
- Ash Content : 17.96 %
- Volatile Matter : 34.51 %
- Fixed Carbon : 41.94 %
- Total Sulphur : 1.74 %

(Sertifikat hasil analisis PT. Superintending Company of Indonesia / Sucofindo)

### Alat

- *Autoclave* digunakan sebagai tempat atau wadah peletakan sampel sebelum dimasukkan ke dalam *furnace* pada proses karbonisasi dan aktivasi
- *Furnace* merek Hofmann digunakan untuk pemanasan sampel pada proses karbonisasi dan aktivasi.
- Timbangan digital digunakan untuk mengetahui berat sampel
- *Flow rate gas* merek dwyer digunakan untuk menjaga kestabilan laju aliran gas inert pada saat proses karbonisasi dan *activating agent* pada saat proses aktivasi
- *Buble soap* dan *stopwatch* digunakan untuk menentukan besarnya laju aliran gas inert
- Ayakan No. 10 dan 20 digunakan untuk memperoleh ukuran sampel yang seragam yaitu 0.85 – 2.30 mm
- Gas Oksigen 99.99% digunakan pada proses oksidasi
- Gas karbondioksida *high purity* 99.90 – 99.99 % digunakan pada proses aktivasi.
- *Tube stainless steel* digunakan sebagai tempat pengaliran gas masuk dan keluar *autoclave*
- Lumpang dan alu digunakan untuk menggerus sampel sehingga diperoleh ukuran sampel yang lebih kecil
- Peralatan bantu lainnya seperti regulator gas, kunci-kunci, botol plastik, kain lap dan lain-lain.



Gambar 1. *Autoclave*



Gambar 2 *Furnace*

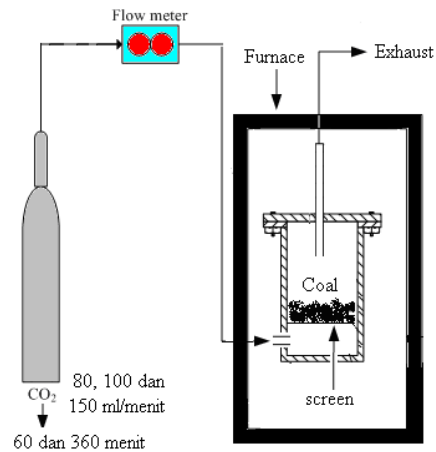
### Prosedur Pembuatan Karbon Aktif

Berikut adalah tahapan proses pembuatan karbon aktif untuk batu bara tersebut diatas:

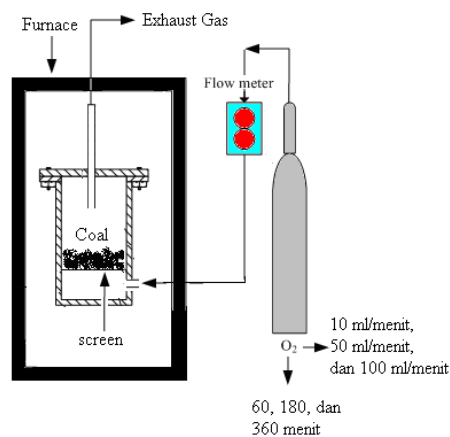
1. Batu bara yang masih dalam ukuran besar dihancurkan sehingga berdiameter  $\pm 2-10$  mm, setelah hancur batubara tersebut dicuci dengan aquades dan selanjutnya dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.
2. Kemudian batubara di oksidasi pada temperatur  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam, 3 jam dan 6 jam dengan mengalirkan gas  $\text{O}_2$  dengan laju aliran 20, 50 dan 100 ml/menit. Untuk mencapai temperatur  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , *furnace* diatur dengan kenaikan temperatur rata-rata  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .
3. Batu bara yang telah dioksidasi selanjutnya di aktivasi pada temperatur  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ , selama 60, 180 dan 360 menit dengan gas  $\text{CO}_2$  sebagai *activating agent* dengan laju aliran 80, 100 dan 150 ml/menit dan

dengan kenaikan temperatur furnace sama dengan pada proses oksidasi. Setelah proses aktivasi batubara ditimbang untuk mengetahui kekurangan berat yang diakibatkan pada proses tersebut.

4. Selanjutnya karbon aktif digerus lalu di ayak agar memiliki keseragaman ukuran (10 x 20 mesh)
5. Batubara yang telah diaktivasi selanjutnya dianalisis dan diuji untuk mendapatkan *Iodine number* (angka iodine).



(a)



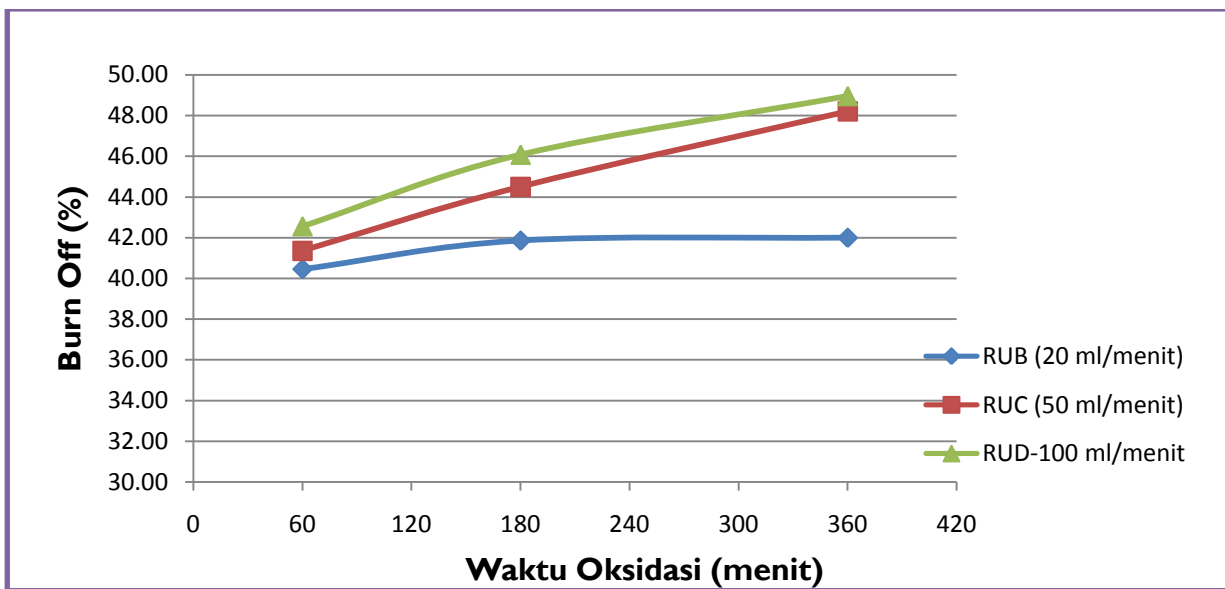
(b)

Gambar 3. Skema Alat Pembuatan Karbon Aktif, Oksidasi (a) dan Aktivasi (b)

**Hasil dan Pembahasan**

**Pengaruh Proses Oksidasi**

Karbon aktif yang dihasilkan pada penelitian ini sebelum dilakukan proses aktivasi didahului dengan proses oksidasi. Proses oksidasi yang dilakukan divariasikan atas waktu proses oksidasi dan laju aliran Oksigen. Laju aliran Oksigen yang divariasikan adalah 20, 50, dan 100 ml/menit sementara variasi waktu proses oksidasi adalah 60, 180, dan 360 menit pada temperatur 300 °C, dimana setelah bahan dasar diproses dengan variasi kedua proses tersebut selanjutnya di aktivasi dengan mengalirkan gas CO<sub>2</sub> selama 60 menit dengan laju aliran 80 ml/menit pada temperatur 950 °C.



Gambar 4. Grafik hubungan antara *burn off* dengan variasi waktu proses oksidasi dengan laju aliran O<sub>2</sub> 20, 50, dan 100 ml/menit

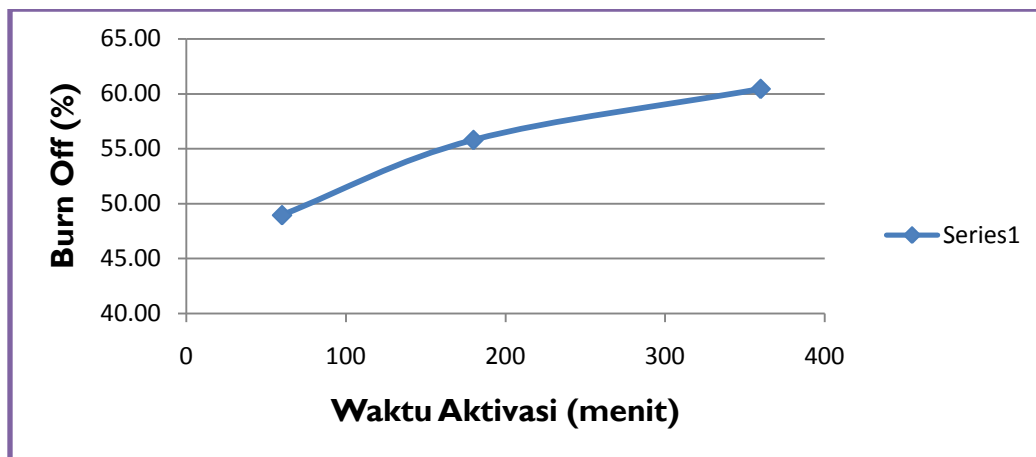
Dari penelitian yang dilakukan didapat bahwa semakin lama proses oksidasi dilakukan maka jumlah massa yang terbakar (*burn-off*) akan semakin besar hal tersebut berlaku juga bagi variasi laju aliran oksigen. Hal tersebut dikarenakan bahwa semakin besar laju aliran oksigen yang diberikan dan semakin lama waktu proses yang diberikan akan memperbesar kandungan oksigen yang terkandung pada bahan dasar sekaligus zat-zat pengotor (*impurity*) yang terkandung pada bahan dasar ikut mengalir keluar. Kondisi seperti ini akan menghasilkan perbandingan unsure Oksigen dengan Carbon pada bahan dasar semakin besar.

Nilai *burn-off* terbesar yaitu pada proses aktivasi 360 menit (6 jam) sebesar 48.96% dan yang paling rendah adalah pada proses aktivasi 60 menit sebesar 40.45% seperti terlihat pada gambar 4.

### Pengaruh Proses Aktivasi

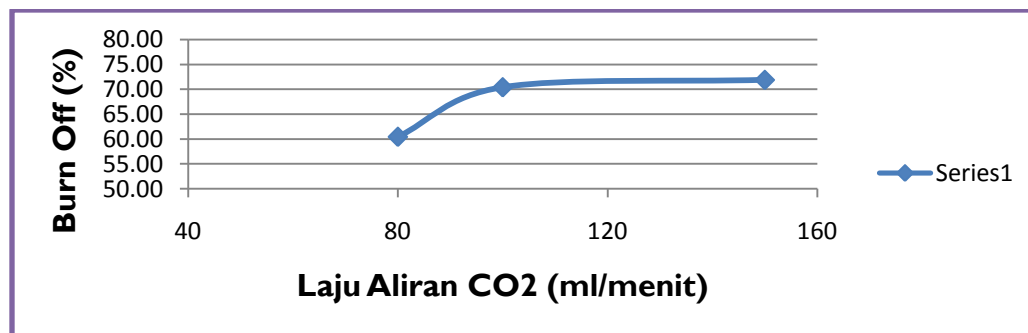
Proses oksidasi yang dilakukan memberikan gambaran bahwa semakin besar laju aliran oksigen dan semakin lama waktu proses oksidasi yang dilakukan tanpa memvariasikan proses aktivasi diperoleh nilai *burn off* yang semakin besar. Nilai *burn off* terbesar pada variasi laju aliran dan waktu proses adalah 48.96% dengan laju aliran oksigen 100 ml/menit dengan waktu proses 6 jam, penelitian berikutnya adalah dengan proses oksidasi terbaik dilakukan proses aktivasi yang bervariasi.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa waktu aktivasi berpengaruh terhadap *burn off* yang dihasilkan. Semakin lama waktu proses aktivasi maka *burn off* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Teng et.al.,1996, bahwa semakin lama proses aktivasi maka besarnya *burn-off* akan semakin besar dengan demikian besarnya luas permukaan juga semakin besar.



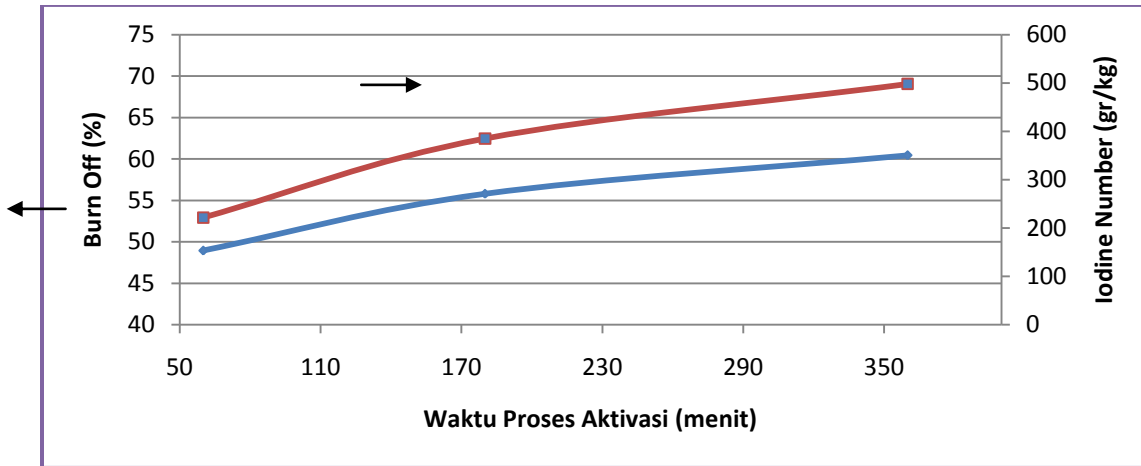
Gambar 5. Grafik hubungan antara *burn off* dengan variasi waktu proses aktivasi

Gambar 6 memperlihatkan bahwa nilai *burn off* juga dipengaruhi oleh besar laju aliran CO<sub>2</sub> sebagai *activating agent*, semakin besar laju aliran CO<sub>2</sub>, maka nilai *burn off* juga semakin besar. Hal tersebut juga sesuai dengan Marsh, Harry et al., 2006 bahwa selain dipengaruhi oleh kenaikan temperatur dan konsumsi energi, proses aktivasi juga dipengaruhi oleh lamanya proses dan jumlah atau besarnya *activating agent* yang dialirkan.



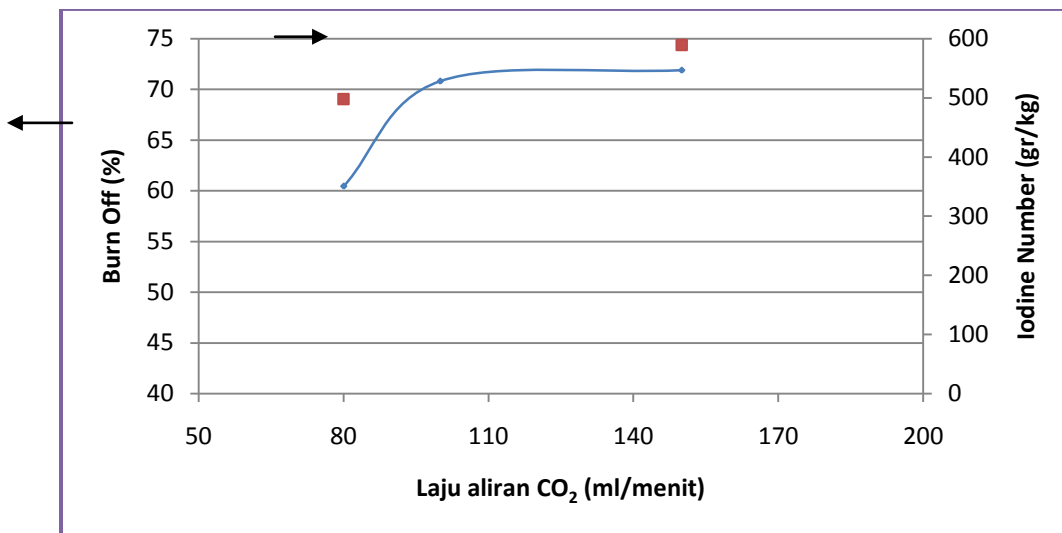
Gambar 6. Grafik hubungan antara *burn off* dengan variasi laju aliran CO<sub>2</sub>

Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara nilai *burn off* dan angka iodine, semakin besar nilai *burn off* maka angka *iodine* (iodine number) juga semakin besar hal ini mengindikasikan bahwa luas permukaan karbon aktif juga semakin besar karena semakin besar angka iodine maka luas permukaan juga semakin besar.



Gambar 7. Grafik hubungan antara *Burn off* dan *Iodine number* pada variasi waktu proses aktivasi

Pada gambar 8 terlihat bahwa *burn off* yang dihasilkan semakin tinggi dengan meningkatnya laju aliran CO<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan semakin banyak konsumsi CO<sub>2</sub> yang masuk kedalam batubara akan semakin cepat dalam mengaktivasi karbon dan membentuk struktur pori-pori dari karbon aktif tersebut.



Gambar 8. Grafik hubungan antara *burn off* dan iodine number dengan variasi laju aliran CO<sub>2</sub>

## Kesimpulan

1. Proses produksi karbon aktif dengan bahan dasar batubara Riau telah dilakukan dan menghasilkan nilai *burn off* maksimum 71.88% dan angka iodine maksimum 589.1 gr/kg.
2. Proses produksi karbon aktif sangat dipengaruhi oleh waktu proses dan laju aliran oksigen pada proses oksidasi. Hal tersebut dikarenakan perbandingan unsur oksigen dan karbon yang terdapat pada bahan dasar sangat berpengaruh terhadap hasil produksi karbon aktif.
3. Disamping dipengaruhi oleh proses oksidasi, produksi karbon aktif juga dipengaruhi oleh aktivasi fisika yang dilakukan. Semakin lama waktu aktivasi dan semakin besar laju aliran CO<sub>2</sub> maka akan mengakibatkan semakin besarnya nilai *burn off* pada karbon aktif yang dihasilkan.
4. Nilai *burn off* sebanding dengan angka iodine, semakin besar nilai *burn off*, maka angka iodine juga semakin besar dengan demikian luas permukaan karbon aktif juga semakin besar.
5. Karbon aktif yang dihasilkan memiliki angka iodine 589.10 g/kg dengan proses oksidasi dan aktivasi selama 6 jam, dengan demikian karbon aktif yang dihasilkan dapat dikategorikan sebagai karbon aktif komersial.

## Daftar Pustaka

- [1] Alhamid, M. Idrus d, Bambang Suryawan, Nasruddin, Awaludin Martin, Sehat Abdi, Characterization of Activated Carbon as Adsorbent From Riau Coal by Physical Activatin Method, The First International Meeting on Advances in Thermo-fluids, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia, 26th August 2008
- [2] Illan-Gomez, M.J., A. Garcia-Garcia, C. Salinas-Martinez de Lecea and A. Linares-Solano, 1996, *Activated Carbon from Spanish Coals. 2. Chemical Activation, Energy & Fuels, 1996, 10, 1108-1114*
- [3] Manocha, Satish. M, 2003, *Porous Carbons*, Sadhana volume 28 part 1&2 pp 335-348, India.
- [4] Marsh, H. & Rodriguez-Reinoso, F. 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Ltd, Oxford UK.
- [5] Rouquerol, Jean, François Rouquerol, Kenneth Sing, 1998 *Absorption By Powders And Porous Solids*, Elsevier
- [6] Teng, Hsisheng, Jui-An Ho, Yung-Fu Hsu, and Chien-To Hsieh, 1996, *Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coals with CO<sub>2</sub> Activation. 1. Effects of Oxygen Content in Raw Coals*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35 (11), 4043 -4049, American Chemical Society
- [7] Yang, Ralph. T, 2003, *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, John wiley and Sons Inc, New Jersey.