

## OZONASI KARBON AKTIF

Rachmat Triandi Tjahjanto, Riris Arista, Dita Anggarini  
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya

### ABSTRACT

Surface area and surface functional group determine the performance of activated carbon. The surface area itself is a combination of the particle and the pore size, while the surface functional group is limiting the adsorbate adsorbable to the surface of the adsorbent by their polarities. Ozone, which is known reactive to carbon, is utilized to modify charcoal surface in this research and the influence to carbon adsorbing performance is studied. Two groups of charcoal powder are treated separately with  $ZnCl_2$  or varied ozone exposure, and the activity of each is examined by using iod, methylene blue, and methyl orange. Experimental results show that ozone is modifying the surface of charcoal but it is not an effective way to increase surface area.

### ABSTRAK

Luas dan gugus permukaan mempengaruhi kinerja suatu sediaan arang aktif. Luas permukaan sendiri merupakan resultan dari ukuran partikel dan pori-pori, sedangkan gugus permukaan menyeleksi kepolaran adsorbat yang dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben. Dalam penelitian ini ozon yang reaktif terhadap karbon (arang) digunakan untuk memodifikasi arang dan dipelajari pengaruhnya terhadap aktivitas arang dalam menyerap adsorbat. Serbuk arang diberi perlakuan aktivasi dengan  $ZnCl_2$  dan ozonisasi yang divariasikan, aktivitasnya kemudian diujikan terhadap iodium, metilen biru dan metil jingga. Hasil percobaan menunjukkan bahwa ozon dapat digunakan untuk memodifikasi permukaan tetapi tidak efektif untuk menambah luas permukaan.

### 1. PENDAHULUAN

Arang aktif dapat dibuat dari sumber karbon nabati [1] dengan hasil yang bervariasi sesuai dengan metode pemanasan dan aktivasinya [2]. Arang aktif dibuat melalui tahap pirolisis yang diikuti dengan tahap aktivasi. Tahap pirolisis bertujuan untuk menghilangkan unsur selain karbon dan membentuk struktur dasar material arang. Adapun tahap aktivasi bertujuan untuk meningkatkan daya serap.

Aktivasi arang dapat dilakukan melalui cara fisika, cara kimia, dan secara pirolisis itu sendiri [3]. Aktivasi secara fisika adalah suatu proses dua tahap yaitu proses karbonisasi yang diikuti dengan pemanasan suhu tinggi dengan keberadaan gas pengoksidasi yaitu karbon dioksida, uap air, udara, atau campurannya. Aktivasi secara kimia melibatkan penambahan oksidan dan pengering pada prekursor arang, sehingga proses pembentukan arang terjadi bersamaan dengan aktivasinya. Bahan kimia yang umum digunakan sebagai zat pengaktivasi adalah  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ ,  $H_3PO_4$ , dan  $K_2CO_3$

(jarang). Seng klorida diketahui sebagai bahan pengaktivasi yang menghasilkan pori berukuran mikro [4].

Ozon adalah agen pengoksidasi yang sangat kuat dan telah banyak diaplikasikan pada bidang pengolahan air dan sebagai pemutih. Ozon dapat bereaksi dengan berbagai molekul organik. Reaksi ozon dengan arang menyebabkan terjadinya adsorpsi kimia dan bukan interaksi fisika. Ozon pada permukaan arang akan bereaksi dengan menambahkan atom oksigen pada arang, atau membentuk suatu ozonida [2]. Ozon sangat efektif memodifikasi gugus permukaan arang aktif dan reaksinya sangat cepat [5]. Tetapi kelarutan ozon dalam air rendah sehingga proses pengozonan arang dalam air perlu dipelajari untuk melihat pengaruhnya terhadap permukaan arang dan luas permukaannya dibandingkan dengan karakter arang aktif yang diaktifkan dengan seng klorida.

## 2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah KI, I<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, amilum, metil jingga, metil biru, NaOH, KOH, dan HCl, semua berderajat pro analisa, serta tempurung kelapa hijau. Pekerjaan laboratorium dan analisis dilakukan menggunakan peralatan gelas termasuk tabung reaksi khusus sepanjang 40 cm, tanur suhu tinggi Memert and Haber, spektrometer UV-Vis Shimadzu 1601, SEM Hitachi TM3000 Tabletop Microscope dan spektrometer Inframerah Shimadzu 8400S. Alat pengozon adalah buatan sendiri yang menghasilkan ozon dalam udara dengan konsentrasi 438 mL/kL pada laju alir 363 mL per menit.

Arang dibuat dengan cara memanaskan tempurung kelapa pada suhu 120°C selama lima jam, kemudian pada suhu 600°C selama dua jam. Berat bahan awal berupa tempurung kelapa adalah 526,37 g, setelah pengeringan menjadi 396,02 g, dan arang yang terbentuk adalah 110,18 g. Arang yang terbentuk dihaluskan hingga 100 mesh.

Pada aktivasi secara kimia arang halus sebanyak dua gram, ditambahi ZnCl<sub>2</sub> sebanyak 20% berat. Campuran tersebut dipanaskan 550 °C selama satu jam, kemudian dibiarkan dingin. Campuran dibilas dengan akuades kemudian dikeringkan pada suhu 110°C selama tiga jam.

Aktivasi dengan pengozonan dilakukan terhadap satu gram arang halus dalam tabung reaksi 40 cm berisi akuades sebanyak 20 mL. Ozonasi dilakukan dengan variasi waktu 0, 20, 40 dan 60 menit sambil diaduk. Arang yang telah diozonasi dikeringkan pada suhu 110 °C selama satu jam.

Luas permukaan arang aktif ditentukan dengan cara memasukkan 0,25 gram arang halus ke dalam erlenmeyer yang terlindung dari cahaya, 25 mL larutan I<sub>2</sub> 0,05 M ditambahkan, dikocok selama 15 menit lalu dipisahkan padatan dari filtratnya. Sebanyak 5

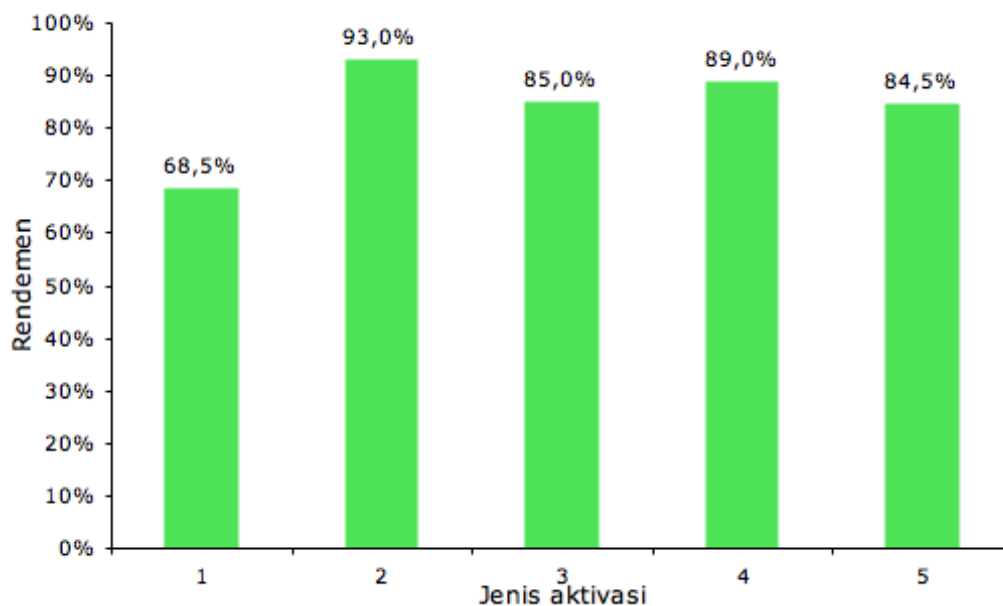
mL filtrat dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,05 M dengan indikator larutan amilum 1%. Dilakukan prosedur yang sama untuk blanko.

Uji daya serap terhadap metilen biru adalah dengan menempatkan arang aktif sebanyak 0,1 gram dalam Erlenmeyer 100 mL lalu ditambahi larutan metilen biru 10 mg/L sebanyak 50 mL. Campuran tersebut dikocok dengan kecepatan 125 rpm selama tiga jam, kemudian dipisahkan dengan satu jam sentrifugasi pada 3000 rpm. Filtrat diberi NaOH hingga pH 8 lalu sebanyak 5 mL diambil dan diencerkan hingga 25 mL sebelum konsentrasi ditetapkan secara spektrometri. Hal yang sama dilakukan pada uji daya serap arang terhadap metil jingga menggunakan konsentrasi zat warna 25 mg/L dan pengukuran spektrometri pada pH 7.

Uji daur ulang arang aktif dilakukan dengan cara mengozonasi arang aktif setelah digunakan untuk mengadsorpsi metil jingga. Arang aktif sebanyak dua gram ditambahi dengan 50 mL larutan jingga metil 50 mg/L dan dikocok selama 120 menit dengan kecepatan kocok 150 rpm. Filtrat yang diperoleh diencerkan menjadi dua kali volume lalu diukur dengan spektrometer sinar tampak. Arang aktif yang sudah dipisahkan diozonasi selama 30 menit dalam 20 mL air suling. Filtrat lalu dipisahkan dan padatan dikeringkan pada suhu 110 °C. Sebanyak 0,4 gram arang tadi dimasukkan dalam tabung 40 cm dan ditambahi larutan metil jingga 50 mg/L sebanyak 20 mL dan dikocok selama 120 menit dengan kecepatan kocok 150 rpm. Filtrat yang diperoleh diencerkan menjadi dua kali volume lalu diukur dengan spektrometer sinar tampak.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

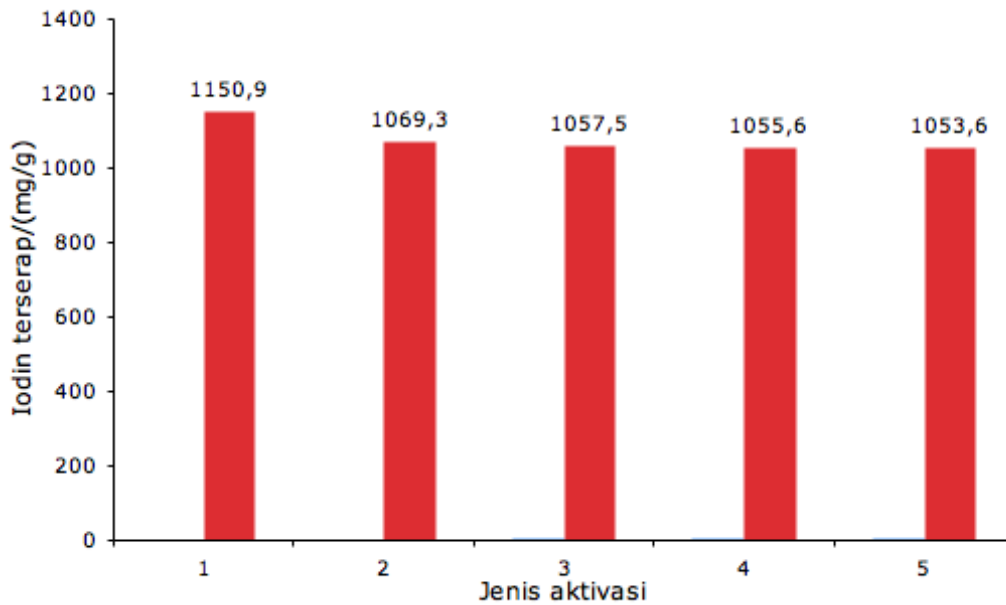
Aktivasi arang secara kimia menggunakan dua gram arang dan 20% berat  $\text{ZnCl}_2$  menghasilkan 1,37 gram arang aktif keabu-abuan. Pengozonan arang selama 0, 20, 40, dan 60 menit menghasilkan filtrat bening untuk yang 0 menit, sedangkan yang selainnya filtrat berwarna gelap (hitam) jernih. Hasil akhir aktivasi dengan pengozonan adalah berupa arang berwarna hitam. Aktivasi dan pemisahan menghasilkan rendemen yang berbeda-beda sebagaimana tampak pada Gambar 1.



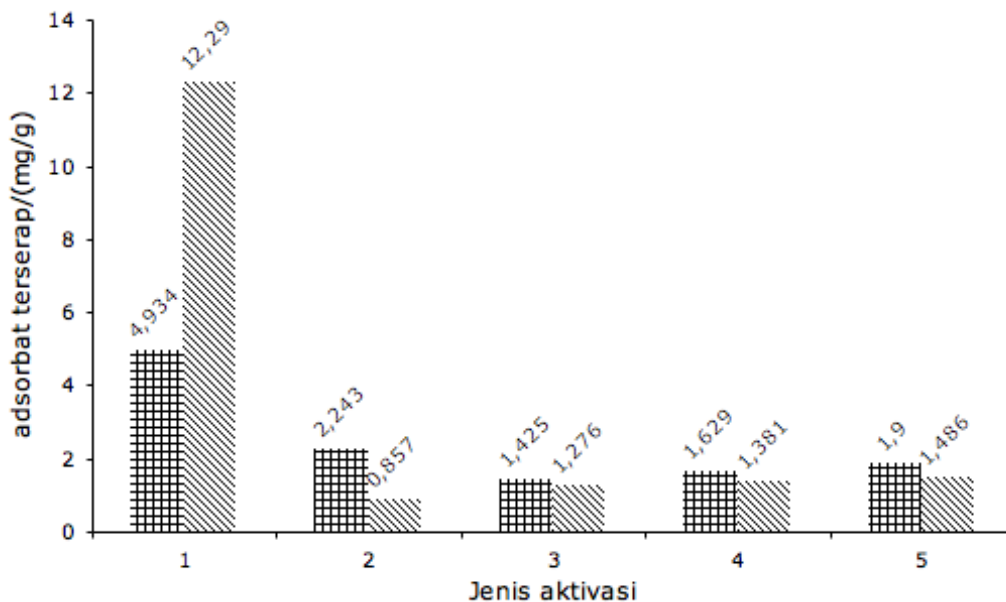
Gambar 1: Berat karbon setelah aktivasi. Jenis aktivasi (1) =  $ZnCl_2$ , (2) = Pengozonan 0 menit, (3) = Pengozonan 20 menit, (4) = Pengozonan 40 menit, (5) = Pengozonan 60 menit.

Aktivasi menggunakan  $ZnCl_2$  menyebabkan kehilangan massa terbesar. Adapun aktivasi dengan pengozonan mengalami kehilangan massa pada saat pemisahan antara filtrat dan padatannya.

Uji daya serap dengan iodin menunjukkan kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul netral. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2. Arang aktif yang diaktifkan secara kimia dengan  $ZnCl_2$  mampu menyerap iodin lebih banyak daripada arang aktif yang diaktifkan dengan pengozonan. Walaupun demikian perbedaan antara kedua jenis aktivasi ini tidak terlalu besar. Aktivasi kimia memberikan daya serap lebih tinggi 9% dibandingkan dengan aktivasi dengan pengozonan. Diketahui bahwa luas permukaan sangat menentukan seberapa besar jumlah iodin yang dapat diserap. Hasil percobaan mengindikasikan bahwa perbedaan ini dapat disebabkan oleh luas permukaan keduanya dan atau gugus aktif permukaan saja yang berbeda. Molekul netral cenderung teradsorpsi di atas permukaan yang netral.



Gambar 2: Daya serap arang aktif terhadap molekul netral iodin. Jenis aktivasi (1) =  $ZnCl_2$ , (2) = Pengozonan 0 menit, (3) = Pengozonan 20 menit, (4) = Pengozonan 40 menit, (5) = Pengozonan 60 menit.



Gambar 3: Daya serap arang aktif terhadap molekul kationik metilen biru (batang kotak-kotak) dan molekul anionik jingga metil (batang bersir miring). Jenis aktivasi (1) =  $ZnCl_2$ , (2) = Pengozonan 0 menit, (3) = Pengozonan 20 menit, (4) = Pengozonan 40 menit, (5) = Pengozonan 60 menit.

Uji daya serap biru metilen menunjukkan kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul kationik, sedangkan uji dengan jingga metil menunjukkan kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul anionik. Kedua percobaan ini menunjukkan bahwa arang aktif yang diaktivasi secara kimia menggunakan  $ZnCl_2$  jauh lebih banyak dapat menyerap

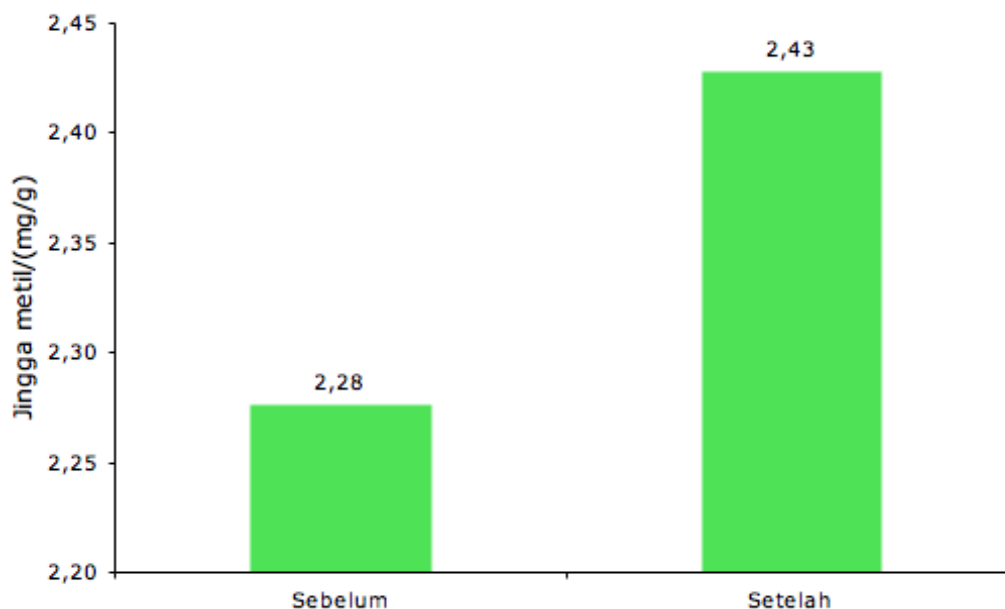
keduanya, kationik maupun anionik, daripada arang aktif yang diaktivasi dengan pengozonan. Hasil-hasil percobaan uji daya serap molekul kationik dan anionik tampak pada Gambar 3.

Percobaan dengan metilen biru menunjukkan bahwa kemampuan serap arang aktif yang diaktivasi secara kimia adalah dua kali lipat dari kemampuan arang aktif tanpa aktivasi. Adapun arang aktif yang diaktivasi dengan pengozonan adalah rata-rata 0,7 kali arang aktif tanpa aktivasi (yaitu arang aktif dengan 0 menit pengozonan). Pengurangan jumlah metilen biru yang teradsorpsi oleh arang aktif adalah akibat perubahan gugus permukaan setelah proses pengozonan. Gugus permukaan yang terbentuk mengurangi afinitas metilen biru pada karbon aktif dan hal ini sesuai dengan apa yang telah dilaporkan sebelumnya, bahwa proses pengozonan mengurangi kemampuan arang aktif menyerap metilen biru.

Pada percobaan dengan metil jingga diperoleh hasil bahwa arang aktif yang diaktivasi secara kimia adalah 14 kali lebih baik daripada arang aktif tanpa aktivasi. Adapun arang aktif yang diaktivasi dengan pengozonan adalah rata-rata 1,6 kali lebih baik daripada arang tanpa aktivasi.

Hasil percobaan pertama, kedua, dan ketiga dapat menjadi petunjuk mengenai luas permukaan dan gugus permukaan dari arang aktif yang diaktivasi menggunakan dua metode. Karena iodine adalah molekul kecil dan netral maka dapat diperkirakan bahwa luas permukaan arang aktif yang diaktivasi secara kimia dengan  $ZnCl_2$  memiliki luas permukaan yang lebih besar daripada arang aktif yang diaktivasi dengan pengozonan sebagaimana yang dapat dinilai dari hasil percobaan. Aktivasi dengan ozon dapat meningkatkan gugus aktif anionik dipermukaan berupa oksigen, hidroksi, ataupun karboksilat. Serapan metil jingga pada karbon yang diaktivasi dengan pengozonan yang lebih baik daripada tanpa pengozonan menunjukkan bahwa telah terjadi sedikit peningkatan luas permukaan. Hanya saja peningkatan luas permukaan ini diduga berasal dari mikropori sehingga hanya sangat baik dimasuki oleh molekul iodine yang kecil. Adapun molekul metil jingga adalah terlalu besar bagi pori-pori yang terbentuk oleh ozon sehingga hanya terjadi peningkatan kemampuan adsorpsi yang moderat.

Hasil percobaan daur ulang karbon aktif dengan cara pengozonan menunjukkan bahwa setelah diozonasi jumlah metil jingga yang teradsorpsi meningkat. Hasil ini sejalan dengan percobaan aktivasi. Hasil ini menguatkan hasil sebelumnya bahwa proses pengozonan meningkatkan luas permukaan karbon aktif secara moderat. Kurva hubungan antara lama pengozonan dan daya serap terhadap jingga metil ditampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4: Daya serap karbon aktif terhadap metil jingga sebelum dan setelah proses ozonasi.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil-hasil percobaan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengozonan mengubah gugus permukaan yang dengan demikian mengubah kemampuannya menyerap zat warna biru metilen. Selain itu pengozonan dapat meningkatkan luas permukaan, namun diduga peningkatan itu berasal dari pori-pori mikro yang sulit dimasuki oleh jingga metil tetapi dapat terisi oleh iodin. Sehingga agar arang aktif dapat digunakan untuk mengadsorpsi molekul besar proses pengozonan bukanlah pilihan yang tepat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dias, J. M.; Alvim-Ferraz, M. C.; Almeida, M. F.; Rivera-Utrilla, J.; Sa´nchez-Polo, M. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85, 833 – 846.
- [2] Rivera-Utrilla, J.; Sa´nchez-Polo, M.; Go´mez-Serrano, V.; A´lvarez, P.; Alvim-Ferraz, M.; Dias, J. *Journal of Hazardous Materials*, 2011, 187, 1 – 23.
- [3] Ioannidou, O.; Zabaniotou, A. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2007, 11, 1966 – 2005.
- [4] Azevedo, D. C.; Arau´jo, J. C. S.; Bastos-Neto, M.; Torres, A. E. B.; Jaguaribe, E. F.; Cavalcante, C. L. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2007, 100, 361 – 364.
- [5] Mata-Alvarez, J.; Mac´e, S.; Labr´es, P. *Bioresource Technology*, 2000, 74, 3 – 16.