



## **AKTIVASI KARBON DARI KULIT PINANG DENGAN MENGUNAKAN AKTIVATOR KIMIA KOH**

**Rozanna Dewi\*, Azhari dan Indra Nofriadi**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

\*Korespondensi: HP: 081262315868, e-mail: [rozanna.dewi@unimal.ac.id](mailto:rozanna.dewi@unimal.ac.id)

### **Abstrak**

Karbon aktif adalah suatu bahan yang mengandung unsur karbon 85-95% dan merupakan padatan berpori. Karbon aktif ini merupakan hasil pemanasan bahan yang mengandung karbon pada suhu tinggi tetapi tidak teroksidasi. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah Kulit Pinang dan aktivatornya berupa KOH. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengkaji pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Pinang dengan Variasi Konsentrasi dan suhu karbonasi yang berbeda, menganalisa kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, dan daya serap terhadap larutan I<sub>2</sub> pada Karbon aktif. Penelitian ini dilakukan dengan aktivator KOH dengan masing-masing 10%, 15%, 20%, dan 25% dan suhu 110°C, 163 °C dan 367 °C. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh karbon aktif dengan kadar air terendah 4,73% pada aktivator KOH 25% suhu 110 °C , kadar abu terendah 0,83% pada KOH 20% suhu 110 °C, kadar karbon terikat tertinggi 98,55%, dan daya serap terhadap I<sub>2</sub> tertinggi 769,0746% pada konsentrasi KOH 20% suhu 367 °C. Dari data yang diperoleh suhu 367 °C merupakan aktivator terbaik dengan konsentrasi KOH 20%.

*Kata kunci: Aktivator, Konsentrasi, KOH, Karbon Aktif, Suhu.*

### **1. Pendahuluan**

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi

dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif.

Arang aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 251000 % terhadap berat arang aktif. Arang aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu arang aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Arang aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000 Å, digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri baru. Diperoleh dari serbukserbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah. Arang aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 Å, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras. (Pujiyanto, 2010)

Arang aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaan. Pada proses aktivasi juga terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan. (Pujiyanto, 2010). Luas permukaan Arang aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/g dan berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan Arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Pada Arang aktif berupa bubuk, semakin besar luas area permukaan pori adsorben maka daya adsorpsinya semakin besar (Abdi, 2008).

Arang aktif dibuat melalui dua tahapan yakni karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan sempurna pada suhu 400-600 C. Sedangkan aktivasi adalah proses pengubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan suhu antara 700-1100 °C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Sembiring, dan Sinaga, 2003). Massa Arang aktif dipengaruhi oleh suhu aktivasi. Semakin tinggi suhu aktivasi maka massa Arang aktif semakin berkurang. Selain itu, semakin tinggi suhu aktivasi Arang aktif akan semakin banyak kadar air yang menguap sehingga mempengaruhi kualitas Arang aktif (Darmawan, 2009).

## **2. Bahan dan Metode**

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah KOH, karbon dari kulit pinang,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N, Amilum, Aquadest, Larutan iodine.

### **Prosedur Penelitian**

**Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:**

#### **2.1 Persiapan karbon dari kulit pinang**

##### **1. Penghalusan**

Penghalusan karbon dilakukan dengan menggunakan mortal sehingga karbon aktif dari kulit pinang yang halus di ayak dengan ayakan.

##### **2. Ayakan**

Ayakan yang digunakan adalah ayakan 50 mesh, dimana untuk memudahkan pengaktifan pada karbon aktif yang dilakukan.

#### **2.2 Aktivasi karbon kulit pinang**

Ke dalam 3 buah gelas beaker dimasukkan masing-masing 10 g arang hasil karbonasi 110°C, 163°C dan 367°C. Lalu ditambahkan sebanyak 100 ml KOH (Kalium Hidrosida) dengan konsentrasi 10%, 15%, 20% dan 25%. Campuran didiamkan selama 24 jam lalu disaring dan dibilas dengan aquades hingga didapatkan pH netral. Arang dipanaskan di dalam oven suhu 105° C selama 30 menit hingga kering. Arang aktif yang terbentuk didinginkan hingga mencapai

suhu ruangan dan ditimbang. Proses aktivasi dilakukan sebanyak 3 kali dan ditentukan % rendemennya.

### 2.3 Karakterisasi karbon aktif

#### 1. Kadar air

Satu gram arang aktif ditempatkan dalam gelas arloji yang telah diketahui massanya lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C hingga diperoleh massa konstan, kemudian didinginkan dalam desikator, selanjutnya ditimbang.

#### 2. Kadar zat mudah menguap

Satu gram arang aktif dipanaskan dalam tanur pada suhu 900 °C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan selanjutnya ditimbang.

#### 3. Kadar abu total

Satu gram arang aktif ditempatkan di dalam cawan porselin, lalu dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C sampai diperoleh massa konstan. Sampel dalam cawan kemudian dimasukkan kedalam tanur dan selanjutnya diabukan pada suhu 650 °C selama 4 jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

#### 4. Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat dalam arang aktif adalah hasil dari proses pengarangan selain abu, air dan zat-zat yang mudah menguap.

#### 5. Analisa Iodin

Sebanyak satu gram karbon aktif ditimbang dan dikeringkan pada suhu 110 °C selama 3 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator. Selanjutnya ditambahkan 50 ml larutan iodin 0,1 N dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Campuran disaring dan diambil sebanyak 10 mL filtrat. Kemudian filtrat dititrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N sampai warna kuning berkurang. Selanjutnya ditambahkan beberapa tetes amilum 1 % dan dititrasi kembali sampai larutan tidak berwarna. Titrasi juga dilakukan untuk larutan blanko yaitu titrasi terhadap larutan iodin tanpa penambahan karbon aktif.

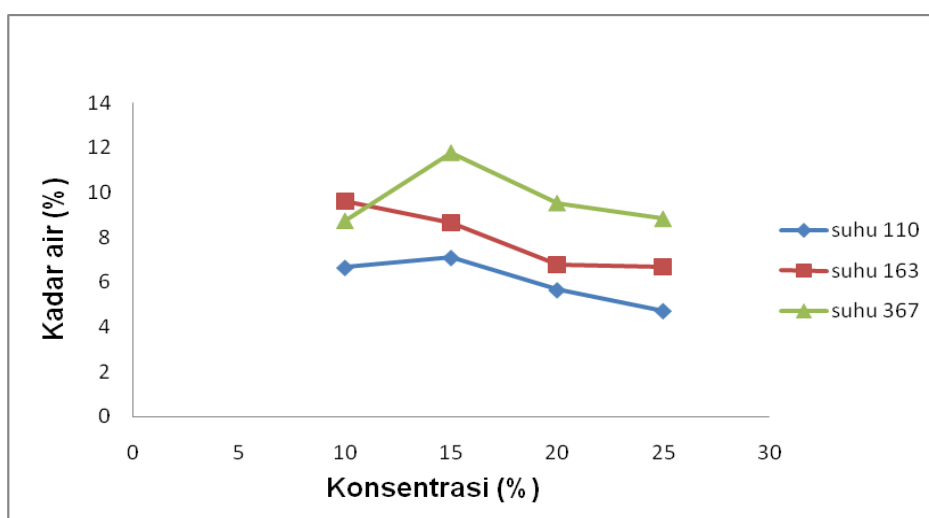
### 3. Hasil dan Diskusi

Pada proses aktivasi menggunakan aktivator kimia yaitu KOH dengan konsentrasi yang berbeda dan suhu arang yang berbeda pula, dengan tujuan untuk melihat hasil karbon aktif yang paling baik dari perubahan terhadap faktor suhu

dan konsentrasi. Melalui proses aktivasi ini, karbon akan memiliki daya serap yang semakin tinggi karena kotoran-kotoran yang menutupi pori-pori karbon ikut terlepas (menguap) seiring pertambahan suhu aktivasi.

### 3.1. Hubungan Kadar Air Terhadap Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH

Penetapan Kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif (Tri Turisna, 2011). Penentuan ini dapat dilihat dari Gambar 3.1, nilai kadar air yang dihasilkan berkisar antara 4,73-11,76.



**Gambar 3.1** Hubungan Kadar Air Terhadap Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH

Karbon aktif mempunyai sifat Higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari udara. Kadar air dari karbon aktif diharapkan memiliki nilai yang rendah, karena kadar air yang tinggi dapat mengurangi daya serap karbon aktif terhadap gas maupun cairan gas (Pari 1996). Karbon aktif dapat menyerap uap air dalam jumlah yang sangat besar, sifat yang sangat higroskopis inilah yang sering diajukan bahwa karbon aktif merupakan bahan yang sangat cocok dijadikan sebagai adsorben, kadar air dari semua karbon aktif teraktivasi KOH memenuhi syarat standar nasional Indonesia (1995) yakni kurang dari 15%.

Keberadaan agen aktivator dalam hubungannya terhadap kadar air adalah sebagai agen pendehidrasi (Siti, 2012). Cara kerjanya sebagai pengikat molekul air yang terkandung dalam bahan baku sehingga memperbesar pori-pori karbon aktif dan memperluas permukaan penyerapan (Yhogi, 2013). Kadar air karbon

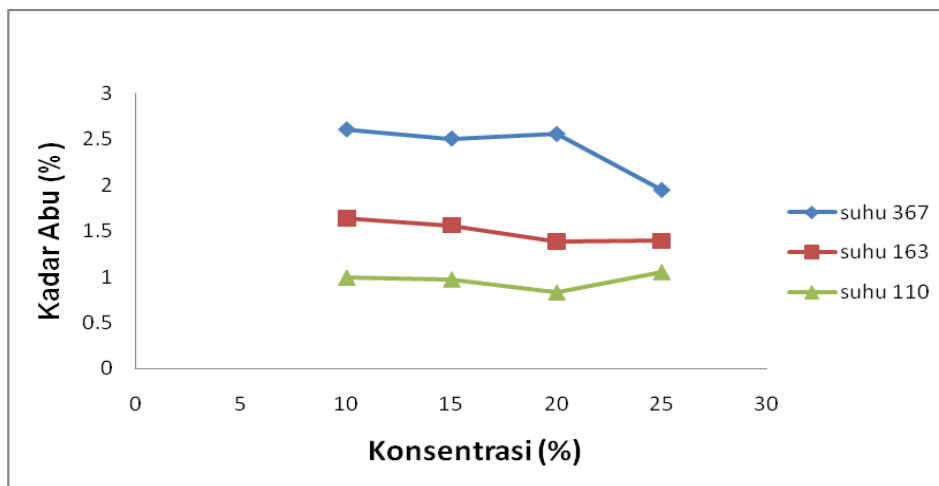
aktif yang rendah menunjukkan keberhasilan agen aktivator mengikat molekul air yang terkandung dalam bahan serta lepasnya kandungan air bebas dan air terikat yang terdapat dalam bahan baku selama proses karbonasi (Pari, 2003).

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa, kadar air yang tinggi didapatkan pada suhu 367 °C dan yang paling terendah didapatkan pada suhu 110 °C. Hal ini disebabkan karena didiamkan pada desikator selama 3-5 hari sehingga karbon aktif menyerap kandungan air yang ada di udara, sehingga mengakibatkan penambahan massa air dalam karbon aktif. Sedangkan hasil kadar air terhadap konsentrasi yaitu semakin besar konsentrasi KOH maka semakin kecil kadar air yang dihasilkan walaupun tidak signifikan pada suhu 367°C pada konsentrasi 10%. Hal ini disebabkan karena berpengaruh terhadap pH dari aktivator yang digunakan pada karbon aktif, karena hasil reaksi yang dihasilkan melepaskan air pada proses pengaktivator dan pada proses penetralan pH. Pada penelitian ini, kadar air terendah terdapat pada aktivator suhu 110°C pada konsentrasi KOH 15% dengan berat kandungan airnya mencapai 4,77 %. Sedangkan kadar air tertinggi diperoleh oleh karbon aktif yang ter-impregnasi oleh aktivator KOH suhu 163°C dengan konsentrasi 15% yakni sebesar 11,76%. Secara keseluruhan semua variabel memenuhi SNI yakni kurang dari 15%.

### **3.2 Hubungan Kadar Abu Terhadap Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH**

Penetapan kadar abu bertujuan menentukan kandungan oksida logam dalam karbon aktif. Abu adalah oksida-oksida logam dalam karbon yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap (*nonvolatile*) pada saat karbonasi. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif (Tri Turisna, 2011). Keberadaan abu yang berlebih akan menyumbat pori-pori sehingga luas permukaan karbon menjadi berkurang (Scroder, 2006). Keterkaitan yang bervariasi terhadap tinggi rendahnya kadar abu pada masing-masing aktivator kemungkinan disebabkan oleh reaksi yang terjadi antara jenis aktivator dengan lingkungan, Pada peristiwa aktivator KOH yang bersifat basa, reaksi kurang terbentuk. Terbukti dari nilai yang didapatkan lebih rendah dari agen aktivator yang bersifat asam. Sedangkan senyawa yang bersifat Asam akan beraksi dengan

gugus yang mengandung oksigen, Sehingga kadar abu yang di hasilkan lebih tinggi daripada aktivator basa.

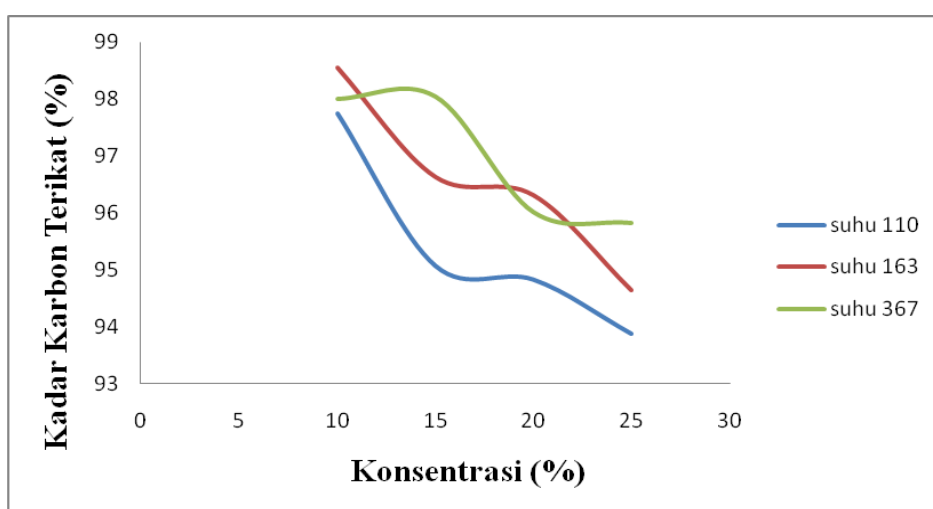


**Gambar 3.2** Hubungan Kadar Abu Terhadap pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH

Dari grafik di atas kadar abu terhadap suhu menunjukkan bahwa, kadar abu yang tinggi didapatkan pada suhu 367 °C dan yang paling terendah didapatkan pada suhu 110 °C. Hal ini disebabkan karena pada proses pengabuan pada suhu tinggi terdapat kandungan oksida-oksida logam seperti mineral yang lebih tinggi pada suhu 367°C dibandingkan pada suhu 163°C dan 110°C. Sedangkan hasil kadar abu terhadap konsentrasi yaitu semakin besar konsentrasi KOH maka semakin rendah kadar abu yang dihasilkan walaupun tidak signifikan pada suhu 367°C pada konsentrasi 20%. Hal ini disebabkan karena berpengaruh terhadap konsentrasi yang diberikan pada proses pengaktivator, sehingga karbon dengan konsentrasi yang tinggi akan memenuhi permukaan karbon dan melepaskan oksida-oksida logam yang terkandung didalam karbon aktif sehingga kadar abu yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi rendah. Kadar abu yang dihasilkan pada agen aktivator KOH yakni berkisar antara 0,83 – 2,61 %. Kadar abu terendah dari aktivator KOH pada suhu 110°C terdapat pada konsentrasi 20% yakni sebesar 0,83% sedangkan yang tertinggi didapatkan pada konsentrasi 10% pada suhu 367°C yakni sebesar 2,61 %. Semua variabel tidak lebih dari 10% sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (1995).

### 3.3. Hubungan Kadar Karbon Terikat Terhadap Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH

Menurut Gusti (2017) Kadar Karbon Terikat merupakan karbon murni yang terdapat pada Karbon. Penetapan kadar karbon terikat untuk mengetahui nilai atau besarnya kadar karbon murni yang terdapat dalam karbon aktif. Kadar karbon terikat yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar antara 93,88% - 98,55% untuk suhu 110 °C, 94,64% - 96,63% untuk suhu 163 °C dan 95,82% - 98,04% untuk suhu 367 °C. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa suhu dan konsentrasi kadar karbon terikat yang di hasilkan tidak terlalu jauh, di sebabkan karena hasil dari reaksi yang di kemukakan bahwa karbon aktif yang di hasilkan lebih banyak di bandingkan karbon zat menguap dan kadar abu yang di hasilkan lebih sedikit.



**Gambar 3.3** Hubungan Kadar Karbon terikat Terhadap pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH

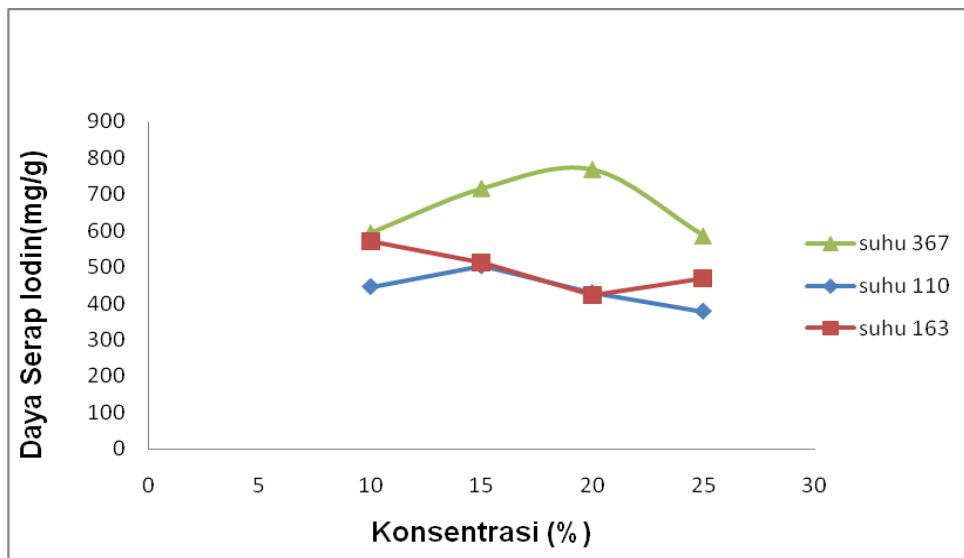
Dari grafik di atas kadar karbon terikat terhadap suhu menunjukkan bahwa, kadar karbon terikat yang tinggi didapatkan pada suhu 367°C walaupun tidak terlalu signifikan. Hal ini di sebabkan karena karbon zat yang mudah menguap dan kadar abu pada proses yang dihasilkan pada suhu 367°C lebih tinggi dari pada suhu 163°C dan pada suhu 110°C. Sedangkan hasil kadar karbon terikat terhadap konsentrasi yaitu semakin besar konsentrasi KOH maka semakin rendah kadar abu yang dihasilkan walaupun tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena berpengaruh dari kadar abu dan karbon zat menguap dari masing-masing konsentrasi yang diberikan pada pengaktivator. Kadar karbon terikat pada



penelitian ini telah memenuhi syarat kualitas karbon terikat persyaratan SNI tahun 1995 dengan nilai karbon minimal 65%. Rendahnya kadar abu menyebabkan kadar karbon terikat pada karbon aktif terpenuhi. Menurut Nurhayati (1974). Pengkarbonan yang sempurna menyebabkan Karbon yang dihasilkan memiliki kadar karbon yang lebih tinggi.

### 3.4 Hubungan Daya Serap Iodin Terhadap Suhu dan Konsentrasi KOH

Penetapan daya serap karbon aktif terhadap iodin bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif menyerap larutan berwarna. Gambar 3.4 menunjukkan grafik perbandingan antara tiga suhu dengan variasi konsentrasi.



**Gambar 3.4** Hubungan Daya Serap Iodin Terhadap Suhu dan Konsentrasi KOH

Salah satu metode yang digunakan dalam analisis daya adsorpsi karbon aktif terhadap larutan iod adalah dengan metode titrasi iodometri. Kereaktifan dari karbon aktif dapat dilihat dari kemampuannya mengadsorpsi substrat. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod. Semakin besar nilai angka iod maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben. Penambahan larutan iod berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh karbon aktif sebagai adsorbennya. Terserapnya larutan iod ditunjukkan dengan adanya pengurangan konsentrasi larutan iod.

Seiring dengan peningkatan suhu, pengotor-pengotor yang mulanya terdapat pada bagian pori dan menutupi pori, ikut terlepas atau teruapkan

sehingga memperluas permukaan karbon aktif. Semakin besar luas permukaan karbon aktif maka semakin besar kemampuan adsorpsi karbon aktif. Berdasarkan grafik dapat dilihat daya serap iodin yang tinggi didapat pada suhu 367<sup>0</sup>C dan terjadi penurunan pada konsentrasi 25% karena disebabkan terjadinya kejenuhan pada saat penyerapan iodin. Namun pada suhu 163<sup>0</sup>C terjadi kenaikan pada konsentrasi 25% berarti hal ini konsentrasi sangat berpengaruh pada penyerapan iodin dan yang terendah didapatkan pada suhu 110<sup>0</sup>C disebabkan bedanya volume titrasi yang dihasilkan pada proses ini, sehingga didapatkan hasil penyerapan iodin yang baik pada suhu 367<sup>0</sup>C. Sedangkan penyerapan iodin terhadap konsentrasi mengalami penurunan, dikarenakan hasil titrasi yang dihasilkan besar sehingga penyerapan iodin lebih sedikit walaupun ada kenaikan yang terjadi pada konsentrasi 20% pada suhu 367<sup>0</sup>C. Daya serap iodin tertinggi didapatkan pada karbon aktif ter-impregnasi aktivator KOH dengan konsentrasi 20% yakni sebesar 769,0746 %. Sedangkan nilai terendah didapatkan pada karbon aktif ter-impregnasi aktivator KOH dengan konsentrasi 25 % yakni sebesar 377,5572 %. Daya serap iodin karbon aktif yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi syarat SNI (SNI No. 06-3730-1995) yaitu minimal 750 mg/g.

#### **4. Simpulan dan Saran**

Dari hasil penelitian diperoleh karakteristik karbon aktif dengan kadar air terendah 3,77% dengan aktivator KOH 15% pada suhu 110<sup>0</sup>C, kadar abu terendah 0,83% dengan aktivator KOH pada suhu 367<sup>0</sup>C, kadar karbon terikat tertinggi 98,55% dengan aktivator KOH 10% pada suhu 110<sup>0</sup>C, dan daya serap terhadap I<sub>2</sub> tertinggi 769,0746% dengan aktivator KOH 20% suhu 367<sup>0</sup>C. Penambahan konsentrasi dan suhu sangat berpengaruh pada pembuatan karbon aktif. Karakteristik karbon aktif yang dihasilkan sesuai dengan SNI untuk karbon aktif. Saran yang dapat diberikan adalah perlu memvariasikan bahan baku dan aktivator yang digunakan untuk pembuatan karbon aktif.

#### **5. Daftar Pustaka**

1. Adi Prasetyo, 2014. *Produksi karbon aktif dari kulit kopi menggunakan aktivator K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>*. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.

2. Ahmad, F.; Daud W.M.A.W.; Ahmad M.A. dan Radzi R., Cocoa (Theobroma cacao) shell-based activated carbon by CO<sub>2</sub> activation in removing of Cationic dye from aqueous solution: Kinetics and equilibrium studies, *Chemical Engineering Research and Design*, 2012, 90(10), 1480–1490.
3. Arie, A.A.; Kristianto H.; Suharto I.; Halim M. dan Lee J.K., Preparation of Orange Peel Based Activated Carbons as cathodes in Lithium Ion Capacitors, *Advanced Materials Research*, 2014, 896, 95-99.
4. Pari G. 1996. Kualitas Arang Aktif dari 5 Jenis Kayu. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 14:60-68.
5. Jutus, E Lopies. 2017. *Karakteristik Arang Aktif Kulit Buah Kakao Yang Dihasilkan Dari Berbagai Kondisi Pirolisis*. Balai Industri Hasil Perkebunan, Bogor.
6. Kamandari, H.; Rafsanjani H.H.; Najjarzadeh H. dan Eksiri Z., 2015, *Influence of process variables on chemically activated carbon from pistachio shell with ZnCl<sub>2</sub> and KOH*, *Res Chem Intermed*.
7. Nurfitriani N, dkk., 2019. *Pengaruh konsentrasi Aktivasi KOH pada karbon aktif terhadap adsorpsi logam Pb*. Universitas Ranggolaw, Tuban.
8. Puspitasari, Ayu Anggraini, dkk., 2017. *Kajian Kapasitas Adsorpsi Arang Kulit Kopi Robusta teraktivasi ZnCl<sub>2</sub>*. Teknik Kimia, Universitas Tadulako, Palu.
9. Prabowo, A.L., 2009, *Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom*. Skripsi Universitas Indonesia.
10. Scroder dan Eliabeth. 2006. *Experiment on The Generation of Activated Carbon From Biomassa*. Institute for Nuclear and Energy. Technologies Forschungs Karlsruhe, Germany.
11. Sembiring, M.T. dan T. Sinaga. 2003. *Arang Aktif Pengenalan dan Proses Pembuatannya*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
12. Siti Tias Miranti., 2012. *Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Aktivasi Agent H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan KOH*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
13. Sudibandriyo, Mahmud. 2011. *Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
14. Tursina, Tri., 2011. *Skripsi. Perbandingan metode aktivasi fisika dan kimia pada proses pembuatan arang aktif dari ampas tebu*, Skripsi, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara.